

# **TESIS DE GRADO: CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA**

## **RESUMEN**


Esta tesis de grado se compone de tres capítulos, el primero de ellos corresponde a un marco teórico referencial, se trata acerca del origen, conceptos y criterios de la Arquitectura Bioclimática, así como también de los aportes más significativos de diversos autores e investigadores a través de los años acerca de esta temática. En la segunda sección se hace un estudio general sobre el clima en el Ecuador para después profundizar sobre las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, además la segunda parte de este capítulo corresponde al estudio de una muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca con el objetivo de determinar las condiciones de dichas viviendas en relación al confort higrotérmico, acústico y lumínico. En base a dicho análisis y al estudio de los factores y elementos climáticos, en la tercera parte de esta sección se establecen criterios bioclimáticos para el diseño de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca. Finalmente en el tercer capítulo se plantea una propuesta de diseño a nivel de anteproyecto de una vivienda unifamiliar en la ciudad de Cuenca con la aplicación de los criterios bioclimáticos obtenidos. Por otra parte también se ha analizado y validado el comportamiento de la propuesta de vivienda mediante el uso de un software y cálculos matemáticos.

**PALABRAS CLAVE:** ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, CLIMA CUENCA, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS, CONFORT MEDIOAMBIENTAL, DISEÑO SOLAR, LUMÍNICO Y ACÚSTICO, SISTEMA FOTOVOLTAICO, SISTEMA SOLAR TÉRMICO, RECICLAJE AGUAS LLUVIAS.

Vanessa Fernanda Guillén Mena, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Vanessa Fernanda Guillén Mena, certifica que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.



  
Vanessa Fernanda Guillén Mena  
01044363S-7



Adriana Ximena Cordero Ordóñez, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Adriana Ximena Cordero Ordóñez, certifica que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.



Ximena Cordero  
Adriana Ximena Cordero Ordóñez.  
010443774-4



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Vanessa Fernanda Guillén Mena, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.



Vanessa Fernanda Guillén Mena

010443635-7



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

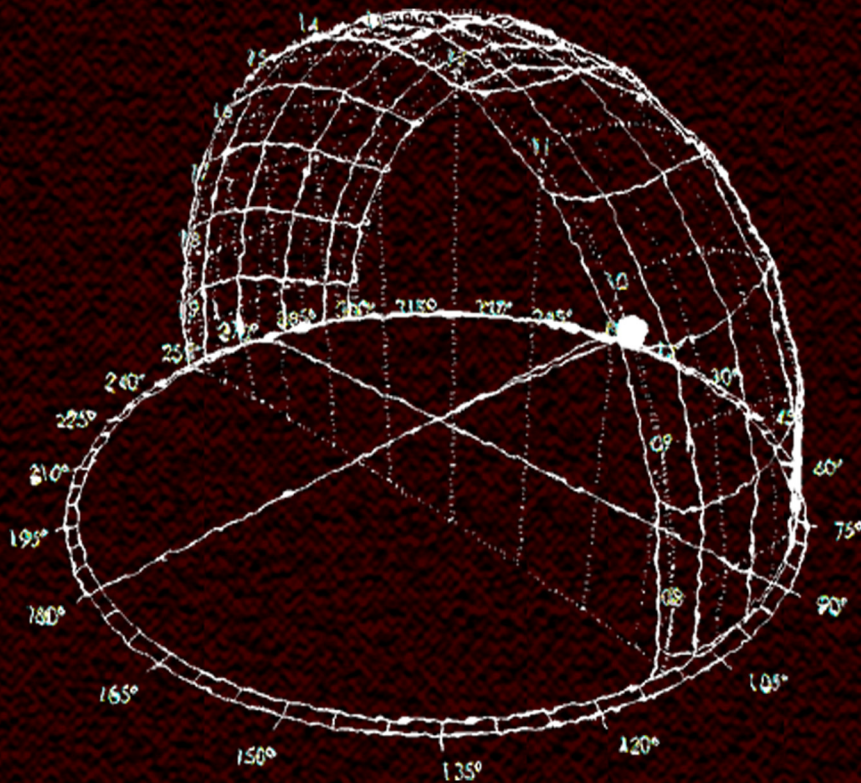
Yo, Adriana Ximena Cordero Ordóñez, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.



Ximena Cordero  
Adriana Ximena Cordero Ordóñez  
010443774-4



# CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA



Ximena Cordero Ordóñez

Vanessa Guillén Mena

Director:

Arq. Augusto Samaniego



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Tesis profesional de Arquitectura

**“CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA”**

**Director:**

Arq. Augusto Samaniego

**Autores:**

Ximena Cordero Ordóñez

Vanessa Guillén Mena

Cuenca – Ecuador

2012



Esta tesis de grado está dedicada a mis padres Carlos y Adriana, a mis hermanas Lourdes y Ana Lucía, y demás familia y amigos, cuyo apoyo prestado en todo momento me ha permitido culminar mi carrera y el presente proyecto.

Ximena Cordero O.

La presente tesis va dedicada a mi familia y amigos que hicieron posible el cumplimiento de esta meta, en especial a mis padres, Orlando y Martha que me acompañaron a lo largo del camino y gracias a su apoyo puedo concluir mi carrera. A mis hermanos Paul y Karina por su aliento y ánimo brindado. A Juan por su apoyo y comprensión en todo momento.

Vanessa Guillén M.

Nuestro sincero agradecimiento a los profesores de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, por habernos transmitido sus conocimientos y en especial a nuestro director Arq. Augusto Samaniego quien nos guió y apoyó en la ejecución y conclusión de este trabajo de grado.



# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>17</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
 <b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	
Introducción.....	21
1.1.- Origen de la arquitectura bioclimática.....	22
1.2.- Concepto general de arquitectura bioclimática.....	26
1.3.- Factores y criterios bioclimáticos.....	28
1.3.1.- Confort medioambiental.....	28
1.3.1.1.- Confort higrotérmico.....	28
1.3.1.2.- Confort lumínico.....	29
1.3.1.3.- Confort respiratorio.....	30
1.3.1.4.- Confort acústico.....	32
1.3.2.- Integración del objeto arquitectónico a su contexto y empleo de materiales existentes en la región.....	33
1.3.3.- Reducción de la demanda de la energía convencional mediante la utilización de energías renovables.....	33
1.4.- Casa Arauco.....	35
1.4.1.- Introducción.....	35
1.4.2.- Estudio de materiales.....	35
1.4.3.- Sistema constructivo.....	40
1.4.4.- Estrategias de confort medioambiental.....	41
1.4.4.1.- Calefacción.....	41
A) Sistema de lecho de rocas.....	41
B) Invernadero.....	43
C) Albañilería como acumulador térmico.....	44
D) Tabiques de aislamiento.....	44
E) Aislamiento en cubierta.....	45
F) Aislamiento en pisos.....	46
G) Aislamiento en ventanas.....	46
H) Aislamiento en puertas.....	47
1.4.4.2.- Ventilación.....	47
1.4.4.3.- Iluminación natural y protección Solar.....	47

1.4.4.4.- Acústica.....	49
1.4.4.5.- Otros Elementos Constructivos.....	49
1.4.5.- Tecnologías de generación de energía basadas en recursos energéticos renovables.....	49
1.4.6.- Conclusión.....	50
1.5.- Estudio del software para la validación del proyecto bioclimático.....	53
1.5.1.- Software Ecotect.....	53
1.5.1.1.- Análisis térmico.....	53
1.5.1.2.- Análisis lumínico.....	54
1.5.1.3.- Análisis acústico.....	55
1.6.- Revisión Equipos de Medición.....	56
1.6.1.- Higrómetro y termómetro.....	56
1.6.2.- Higrómetro analógico.....	57
1.6.3.- Sonómetro.....	57
1.6.4.- Termómetro infrarrojo.....	58
1.6.5.- Luxómetro.....	59
1.6.7.- Brújula.....	59

## **CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN SOBRE EL CLIMA DE CUENCA Y COMPORTAMIENTO DE UNA MUESTRA DE VIVIENDAS**

Introducción.....	63
2.1.- Clima y refugio.....	64
2.1.1.- Generalidades.....	64
2.1.1.1.-Clima en el Ecuador.....	64
2.1.1.2.- El Callejón Interandino.....	67
A) Clima del Callejón Interandino.....	67
B) Influencias climáticas en el Callejón Interandino.....	69
2.1.2.- Factores climáticos de la ciudad de Cuenca.....	70
2.1.2.1- Latitud.....	70
2.1.2.2- Longitud.....	70
2.1.2.3.- Altura sobre el nivel del mar.....	70
2.1.2.4.- El Factor de continentalidad.....	71

2.1.2.5.- Orografía.....	71
2.1.2.6.- Topografía.....	72
2.1.2.7.- Hidrografía.....	73
2.1.2.8.- Naturaleza de la superficie de la tierra.....	73
2.1.3.- Elementos climáticos de la ciudad de Cuenca.....	75
2.1.3.1.- Temperatura.....	75
2.1.3.2.- Humedad.....	83
2.1.3.3.- Confort higrotérmico en la ciudad de Cuenca.....	91
2.1.3.4.- Precipitación.....	93
2.1.3.5.- Viento.....	97
2.1.3.6.- Nubosidad.....	104
2.1.3.7.- Radiación solar.....	105
2.1.3.8.- Asoleamiento.....	107
2.1.4.- Otros factores ambientales.....	110
2.1.4.1.- Composición química de la atmósfera.....	110
A) Calidad del aire en la ciudad de Cuenca (Gases contaminantes).....	110
B) Calidad del aire en la ciudad de Cuenca (Material particulado).....	112
2.1.4.2.- Contaminación acústica.....	115
A) Contaminación acústica en la ciudad de Cuenca.....	115
2.1.4.3.- Iluminación natural.....	115
2.2.- Estudio de viviendas en Cuenca.....	118
2.2.1.- Descripción.....	118
2.2.1.1.- Materiales y métodos de análisis.....	118
2.2.1.2.- Universo y muestra.....	120
2.2.1.3.- Variables analizadas.....	120
A)Comportamiento higrotérmico.....	120
- Temperatura y humedad ambiente.....	120
- Temperatura radiante.....	122
- Humedad de la envolvente.....	123
B) Comportamiento acústico.....	124
C) Comportamiento lumínico.....	125

2.2.2.- Análisis de la muestra de viviendas.....	127
2.2.2.1.- Vivienda N° 1.....	127
A) Comportamiento higrotérmico.....	128
- Temperatura ambiente.....	128
- Humedad relativa.....	129
- Temperatura radiante.....	130
- Humedad de la envolvente.....	132
B) Comportamiento acústico.....	133
C) Comportamiento lumínico.....	134
2.2.2.2.- Vivienda N° 2.....	135
A) Comportamiento higrotérmico.....	137
- Temperatura ambiente.....	137
- Humedad relativa.....	137
- Temperatura radiante.....	139
- Humedad de la envolvente.....	141
B) Comportamiento acústico.....	142
C) Comportamiento lumínico.....	144
2.2.2.3.- Vivienda N° 3.....	145
A) Comportamiento higrotérmico.....	146
- Temperatura ambiente.....	146
- Humedad relativa.....	147
- Temperatura radiante.....	148
- Humedad de la envolvente.....	151
B) Comportamiento acústico.....	152
C) Comportamiento lumínico.....	153
2.2.2.4.- Vivienda N° 4.....	154
A) Comportamiento Higrotérmico.....	155
- Temperatura Ambiente.....	155
- Humedad Relativa.....	155
- Temperatura Radiante.....	156
- Humedad de la Envolvente.....	159

B) Comportamiento acústico.....	160
C) Comportamiento lumínico.....	161
2.2.2.5.-Vivienda N° 5.....	162
A) Comportamiento higrotérmico.....	163
- Temperatura ambiente.....	163
- Humedad relativa.....	164
- Temperatura radiante.....	166
- Humedad de la envolvente.....	168
B) Comportamiento acústico.....	169
C) Comportamiento lumínico.....	170
2.2.2.6.- Vivienda N° 6.....	172
A) Comportamiento higrotérmico.....	174
- Temperatura ambiente.....	174
- Humedad relativa.....	175
- Temperatura radiante.....	175
- Humedad de la envolvente.....	177
B) Comportamiento acústico.....	177
C) Comportamiento lumínico.....	179
2.2.2.7.- Vivienda N° 7.....	180
A) Comportamiento higrotérmico.....	180
- Temperatura ambiente.....	180
- Humedad relativa.....	182
- Temperatura radiante.....	183
- Humedad de la envolvente.....	186
B) Comportamiento acústico.....	187
C) Comportamiento lumínico.....	188
2.2.2.8.- Vivienda N° 8.....	190
A) Comportamiento higrotérmico.....	191
- Temperatura ambiente.....	191
- Humedad relativa.....	192
- Temperatura radiante.....	193
- Humedad de la envolvente.....	195

B) Comportamiento acústico.....	196
C) Comportamiento lumínico.....	197
2.2.2.9.- Vivienda N° 9.....	198
A) Comportamiento higrotérmico.....	200
- Temperatura ambiente.....	200
- Humedad relativa.....	201
- Temperatura radiante.....	201
- Humedad de la envolvente.....	203
B) Comportamiento acústico.....	204
C) Comportamiento lumínico.....	205
2.2.2.10.- Vivienda N° 10.....	206
A) Comportamiento higrotérmico.....	208
- Temperatura ambiente.....	208
- Humedad relativa.....	208
- Temperatura radiante.....	209
- Humedad de la envolvente.....	213
B) Comportamiento acústico.....	213
C) Comportamiento lumínico.....	215
2.2.2.11.- Vivienda N° 11.....	216
A) Comportamiento higrotérmico.....	217
- Temperatura ambiente.....	217
- Humedad relativa.....	218
- Temperatura radiante.....	219
- Humedad de la envolvente.....	222
B) Comportamiento acústico.....	223
C) Comportamiento lumínico.....	223
2.2.2.12.- Vivienda N° 12.....	226
A) Comportamiento higrotérmico.....	227
- Temperatura ambiente.....	227
- Humedad relativa.....	228
- Temperatura radiante.....	229
- Humedad de la envolvente.....	231

B) Comportamiento acústico.....	232
C) Comportamiento lumínico.....	233
2.2.2.13.- Conclusiones.....	234
2.3.- Criterios Bioclimáticos.....	243
2.3.1.- Conocimiento general de las características climáticas de la ciudad.....	243
2.3.2.- Conocimiento del diagrama bioclimático e identificación de estrategias.....	246
2.3.3.- Manejo de la carta solar de la ciudad.....	246
2.3.4.- Criterios bioclimáticos según los resultados de la investigación de la muestra de viviendas de la ciudad de Cuenca.....	248

### **CAPÍTULO III: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EN LA CIUDAD DE CUENCA**

Introducción.....	255
3.1 Estudio del terreno.....	256
3.1.1Análisis del microclima.....	256
-Orografía.....	256
-Hidrografía.....	257
-Naturaleza de la superficie de la tierra.....	257
-Otros factores ambientales.....	257
3.1.2.-Análisis del terreno.....	258
3.2 Propuesta de vivienda bioclimática y validación.....	263
3.2.1-Programa arquitectónico.....	263
3.2.2-Forma y orientación.....	263
3.2.3-Distribución interior.....	264
3.2.4-Sistemas de diseño solar.....	265
3.2.4.1 Diseño solar pasivo.....	265
A) Aporte solar directo.....	265
- Ventanas.....	267
- Claraboya.....	267
- Persianas para control solar.....	270
B) Aporte solar indirecto.....	271

-Cerramientos de alta inercia térmica.....	271
-Muro Trombe.....	273
C) Aporte solar aislado.....	276
- Invernadero adosado.....	276
-Sistema de almacenamiento de calor mediante lecho de rocas.....	280
D) Aislamiento térmico.....	282
- Aislamiento en paredes.....	283
- Aislamiento en puertas y ventanas.....	285
- Puentes térmicos.....	286
- Aislamiento en cubierta.....	286
- Aislamiento del invernadero.....	288
E) Ventilación.....	290
F) Combinación de los sistemas.....	292
G) Validación del confort térmico en la vivienda.....	297
3.2.4.2.-Diseño solar activo.....	303
A) Sistema fotovoltaico.....	309
B) Sistema solar térmico.....	311
3.2.5- Otros factores ambientales.....	314
3.2.5.1-Diseño lumínico.....	314
A) Validación del confort lumínico en la vivienda.....	315
3.2.5.2.-Diseño acústico.....	331
3.2.5.3.-Reciclaje de agua lluvia.....	334
3.2.6.- Materiales.....	338
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>347</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>349</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>353</b>



# INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

En los últimos años se ha hecho evidente que el medio ambiente se encuentra cada día más deteriorado como consecuencia de los esquemas de desarrollo planteados en las ciudades, los mismos que tienen un enfoque primordialmente económico, en donde prevalece el consumo de combustibles fósiles, y los factores ambientales y la calidad de vida no son los aspectos prioritarios que se persiguen. Sin embargo la crisis energética a nivel mundial que se manifestó en las últimas décadas del siglo XX, sirvió de alerta con relación al peligro que representaba la absoluta dependencia de los combustibles fósiles, adquiriéndose además la concientización con respecto a su agotabilidad, empezándose a revitalizar los conocimientos y prácticas relacionados con las fuentes renovables de energía en general y el diseño bioclimático en particular. Posteriormente con la crisis ecológica, el enfoque se amplió viendo a la arquitectura no solo como una vía para la eficiencia y ahorro energético, sino como una importante forma de contribuir a la preservación del medio ambiente, además del bienestar humano.

Es así que la arquitectura bioclimática representa una alternativa que trata de

solucionar los problemas ambientales de las edificaciones a través de un diseño lógico que aproveche al máximo los factores naturales y optimicen el uso de los sistemas energéticos tradicionales, todo ello con el propósito de ofrecer espacios que además de poseer un cierto valor estético, sean funcionales y adecuados a los nuevos requerimientos de la sociedad así como también sean espacios saludables y confortables que propicien una mayor eficiencia y productividad de las personas.

Considerando que actualmente Ecuador maneja una tendencia de apoyo al Sector Constructivo para disminuir el consumo energético y mejorar las condiciones de habitabilidad se ha visto importante realizar un estudio de campo que permita identificar las principales falencias que presentan las edificaciones en relación al bienestar medioambiental. Y en base a esto proponer criterios de diseño bioclimático que respondan adecuadamente a las condiciones climáticas del entorno, de manera que puedan ser aplicados en una vivienda unifamiliar para la ciudad de Cuenca y que además su efectividad pueda ser comprobada mediante el uso de programas informáticos.

## Objetivo General

Determinar qué criterios e indicadores se pueden utilizar para el diseño de viviendas bioclimáticas unifamiliares en la ciudad de Cuenca y su aplicación en una propuesta de diseño a nivel de ante proyecto.

## Objetivos Específicos

- Estudiar aspectos sobre la interacción entre las problemáticas ambientales y el diseño arquitectónico, así como también acerca de conceptos, principios y criterios que maneja la arquitectura bioclimática y análisis de una vivienda ejemplar.
- Estudiar las herramientas que se utilizarán para diagnosticar la interacción de una muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca frente a las condiciones climáticas y para la validación del proyecto bioclimático que se plantee.
- Analizar del comportamiento de una muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca frente a los factores climáticos.
- Identificar criterios bioclimáticos para el diseño de viviendas en la ciudad de Cuenca.
- Validar la propuesta de diseño mediante el uso de programas informáticos.

# CAPÍTULO

# 1

## MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

## Introducción

“Desde los orígenes de la humanidad, la arquitectura ha cumplido como primera función la protección contra los elementos atmosféricos. Los edificios son barreras contra la lluvia, el viento, refugios contra el frío o filtros contra el calor y la luz. Ante cualquier condición climática lo que la arquitectura pretende siempre es conseguir cierto grado de confortabilidad.”<sup>1</sup>

En este primer capítulo que corresponde a una marco teórico referencial, se trata acerca del origen de la Arquitectura Bioclimática, así como también de los aportes más significativos de diversos autores e investigadores a través de los años acerca de esta temática. Igualmente se abarca los conceptos y criterios que maneja la Arquitectura Bioclimática en relación al confort medioambiental, la integración de la edificación y contexto y la utilización de energías renovables.

Por otra parte se ha considerado importante realizar un estudio de un ejemplo de vivienda bioclimática, para lo cual se ha realizado una breve descripción del contexto en donde se emplaza la edificación, para posteriormente analizar los materiales utilizados, sistema constructivo y diferentes mecanismos que se aplican en la edificación con respecto a la calefacción, ventilación, iluminación natural, acústica y estrategias para aprovechamiento de energías alternativas.

A partir de este análisis se pretende comprender cuales son algunas de las soluciones arquitectónicas que surgen de manera concordante con el contexto de diseño.

Finalmente se ha realizado una descripción del software que será empleado para la validación de la propuesta de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca, la cual se plantea en el tercer capítulo. En el estudio de esta herramienta se abarcan los análisis que pueden realizarse en cuanto a lo térmico, lumínico y acústico. De igual manera se ha visto pertinente incluir una revisión sobre los instrumentos de medición que se utilizarán para el estudio en campo de una muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca, el cual forma parte del segundo Capítulo.

<sup>1</sup>Arquitectura y Climas, *Rafael Serra*, pág. 1.

# I CAPÍTULO

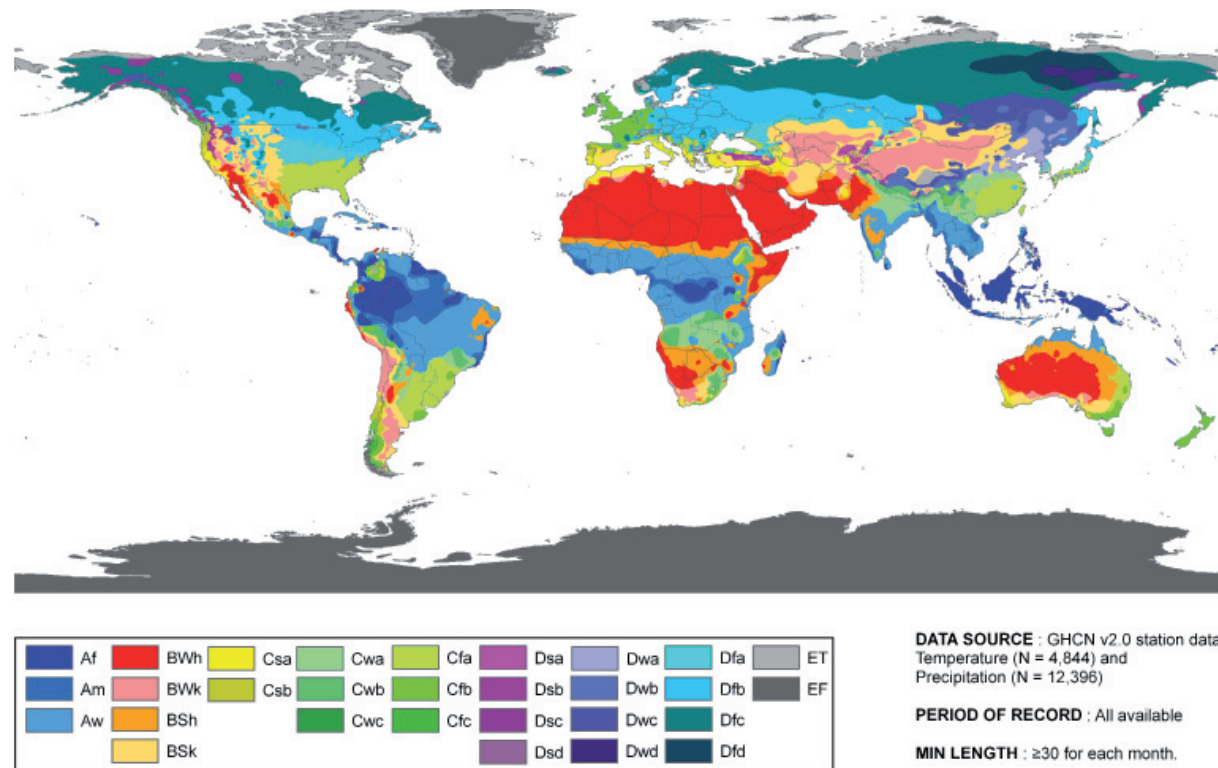
# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

## 1.1.- Origen de la Arquitectura Bioclimática

El termino bioclimático fue utilizado por primera vez a inicios del siglo XX por el Botánico y Climatólogo Alemán Köppen, el cual desarrolló un sistema de clasificación del macroclima terrestre, que consiste en una categorización climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones.

Se han ensayado muchos sistemas en las clasificaciones climáticas pero el elaborado por el climatólogo Köppen es el más conocido y se acomoda mejor a nuestra realidad (ver Gráfico N°1). El gran mérito de este sistema es que básicamente utiliza información de temperatura media y precipitación mensual, esto hace que sea fácil la obtención de datos para la mayor parte de la Tierra. Köppen emplea las letras mayúsculas desde la A hasta la E para distinguir cinco tipos generales de clima que son Tropical Lluvioso, Seco, Templado, Boscosa-Fría y Polar y para mejor comprensión y detalle de estas grandes clasificaciones se han añadido otras especificaciones o subgrupos que dependen de la humedad y que están representadas por letras minúsculas. Para describir mejor el régimen térmico se usa una tercera letra que indica cuán cálido

Gráfico N° 1.- Clasificación climática de Köppen



Fuente: [www.cronosgea.es](http://www.cronosgea.es)

## I CAPÍTULO

## ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

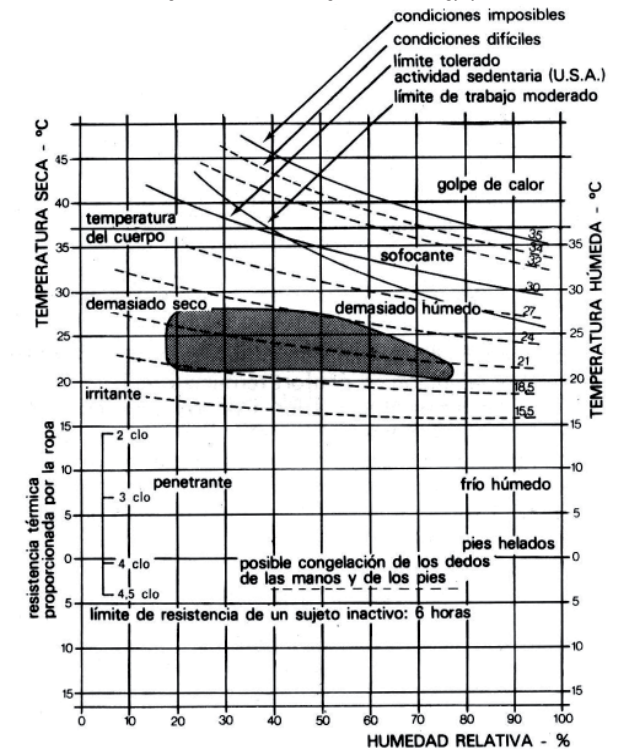
es el verano o cuán frío es el invierno. Para el caso del Ecuador, éste en general corresponde a un clima tropical pero con subdivisiones de acuerdo a cada región, como por ejemplo: en la región del litoral se encuentran cuatro zonas climáticas, siendo éstas el Clima Tropical Húmedo (Af), Clima Tropical Monzón (Am), Clima Tropical Sabana (Aw) y Clima Tropical Seco (B), en la región Oriental están el clima Amazónico Húmedo y Amazónico Semi-húmedo, en las regiones subtropicales se tienen los climas Subtropical Húmedo, Clima Subtropical Semi-húmedo y Clima Subtropical Seco.

Posteriormente en los años sesenta los hermanos Olgyay empiezan a emplear el término Bioclimático en asociación al desarrollo espacial en las edificaciones, creando un vínculo entre la vida, el clima y el diseño, con lo que dieron por primera vez un enfoque científico al diseño arquitectónico como respuesta a las condiciones climatológicas circundantes. Uno de los aportes de los hermanos Olgyay fue la representación de los parámetros de comodidad térmica en una carta o climograma de bienestar higrométrico, para el caso del clima de Estados Unidos, basándose en datos de

fisiólogos en el año 1925, lo cual permitió establecer una “zona de comodidad” en relación con la temperatura y humedad relativa del aire (ver Gráfico N°2). “Este método se basa en unas condiciones muy concretas, para una persona con una actividad ligera (paseando), vestida con ropa de entre tiempo (1 Clo), sin viento y a la sombra”<sup>2</sup>.

Otros autores internacionales, entre los que se destacan Givony, Mahoney y Fanger, continuaron estudiando el tema e intentaron descifrar las sensaciones percibidas por los seres humanos ante diferentes combinaciones de parámetros climáticos, así como el rol de la arquitectura y los elementos de diseño en la modulación del ambiente térmico en los espacios interiores. Múltiples han sido los diagramas de confort propuestos a partir de la Carta bioclimática de Olgyay como por ejemplo el diagrama psicométrico de Baruch Givoni, el cual tiene en cuenta los valores de la temperatura y humedad media de cada mes, para evaluar la sensación térmica y a partir de ésta el grado de confort. Este arquitecto a través de esta técnica definió una zona de confort y distintas estrategias de diseño, entre las que se encuentran

Gráfico N° 2.- Climograma de Bienestar Higrotérmico de Olgyay



Fuente: www.miliarium.com

<sup>2</sup> Tesis Incidencia de la Inercia Térmica en Edificios de Uso Intermitente, Vanessa Escalona, pág. 12.



el calentamiento, ventilación, humidificación, enfriamiento evaporativo, masa térmica, masa térmica con ventilación nocturna y sistemas activos o convencionales de acondicionamiento de aire.

Igualmente el arquitecto Karl Mahoney publicó en 1971 un método para diseño bioclimático, que consiste en la elaboración de tablas que tienen la finalidad de comparar los datos climáticos con un límite de confort establecido para un lugar específico y permiten evaluar la duración de las condiciones de desconfort. Estas pueden ser aplicadas para el diseño del hábitat en países tropicales y permiten tener una referencia del tipo de recurso bioclimático a utilizar de acuerdo a las distintas épocas del año.

Para la utilización de éste método es necesario contar con datos de temperatura y humedad relativa media mensual y precipitación media mensual en mm, para a partir de éstos realizar un análisis dividido en cuatro etapas que son: análisis de datos meteorológicos mensuales, comparación de los datos climatológicos contra valores de límites o zonas de confort, identificación de indicadores y la definición de pautas de diseño.

Por otra parte en el año 1973 “ P.O. Fanger desarrolló el método más completo, práctico y operativo para la valoración del confort térmico en espacios interiores, que fué recogido por la norma ISO 7730 y que contempla todas las variables presentes en los intercambios térmicos persona-ambiente, siendo éstos, el nivel de actividad, características de la ropa, temperatura seca del aire, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad relativa del aire.”<sup>3</sup>

Este método calcula dos índices denominados voto medio estimado (PMV-predicted mean vote) y porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied), ambos valores aportan información clara y concisa sobre el ambiente térmico al evaluador. El Voto medio estimado es un índice que refleja el valor de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles, que se describen en la Tabla N°1. En cuanto al Porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, éste corresponde a aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable (ver Tabla N°2).

Tabla N° 1.- Escala de sensación térmica de P.O. Fanger (voto medio estimado)

ESCALA DE SENSACIÓN TÉRMICA	
PMV	SENSACIÓN
+3	Muy Caluroso
+2	Caluroso
+1	Ligéramente Caluroso
0	Confort (Neutro)
-1	Ligéramente Frío
-2	Frío
-3	Muy Frío

Fuente: [www.tecno.sostenibilidad.org](http://www.tecno.sostenibilidad.org)

Tabla N° 2.- Escala de sensación térmica de P.O. Fanger (voto medio estimado y porcentaje de peronas insatisfechas)

ESCALA DE SENSACIÓN TÉRMICA		
PMV	PPD	SENSACIÓN
+3	99%	Muy Caluroso
+2	77%	Caluroso
+1	26%	Ligéramente Caluroso
0	5%	Confort (Neutro)
-1	26%	Ligéramente Frío
-2	77%	Frío
-3	99%	Muy Frío

Fuente: [www.tecno.sostenibilidad.org](http://www.tecno.sostenibilidad.org)

<sup>3</sup> Tecnosostenible-El Método de Fanger-Norma UNE-EN ISO 7730, Universidad Complutense de Madrid, pág. 1.



# I CAPÍTULO

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

En este estudio mediante el muestreo realizado sobre 1300 sujetos, se llegó a la conclusión de que el mejor resultado posible conlleva la insatisfacción del 5% del grupo, es decir, es imposible conseguir unas condiciones ideales en el mismo recinto para la totalidad de las personas.

Como resultado de experiencias sobre las tablas de Mahoney, en 1988 el genetista y bioquímico británico, John Martin Evans dio a conocer una nueva técnica gráfica útil para el diseño bioclimático, conocida con el nombre de triángulos de confort. La importancia de ésta es que a diferencia de los métodos previos, incorpora a la variable de la oscilación térmica diaria como un indicador para definir los límites de comodidad o bienestar.

Es así que para la aplicación de éste método se requieren obtener datos de la oscilación térmica diaria y la temperatura media mensual, las cuales son graficadas en dos grupos de triángulos: el primero de ellos define para el mes analizado el tipo de confort de acuerdo a la actividad que realiza una persona (actividad sedentaria, confort para dormir, circulación interior, circulación exterior), mientras que el segundo triángulo

se definen las estrategias de diseño o recursos bioclimáticos que se deben utilizar como por ejemplo ventilación cruzada o selectiva, inercia térmica, ganancias internas y ganancias solares. Estos mecanismos se proponen con el objetivo de mejorar las condiciones térmicas internas en relación con las variaciones de temperatura del aire exterior a través de la masa térmica de la edificación.

En esencia, todos estos investigadores han aportado con estudios para el conocimiento de métodos que permiten generar espacios que ofrezcan al usuario las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de sus actividades en situación de confort. A estas técnicas se las puede utilizar como una referencia para adaptarlas a las condiciones de cada lugar y así obtener estrategias arquitectónicas que permitan una adecuada interacción entre el entorno, la vivienda y sus ocupantes y respondan a las diversas solicitudes del medio para cada época del año.



# I CAPÍTULO

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

## 1.2.- Concepto General de Arquitectura Bioclimática

“El concepto de arquitectura bioclimática encierra dos aspectos fundamentales, que son el ser humano (bio), con las condiciones de confort para el desarrollo de sus actividades y el clima, que bien utilizado entrega a lo largo del año recursos que son favorables para alcanzar confort en el interior del edificio y a su vez ofrece solicitaciones de las cuales la vivienda debe protegerse para este mismo objetivo”<sup>4</sup>, valiéndose exclusivamente del diseño y los elementos arquitectónicos y utilizando únicamente como apoyo los sistemas mecánicos.

El diseño bioclimático, permite modificar y mejorar el microclima interno y externo por medio de la morfología edilicia, la orientación, los materiales, sistemas constructivos, el tamaño de aberturas, el paisaje y otras variables de diseño. Todos estos aspectos deben ser considerados desde las primeras etapas del diseño arquitectónico, para alcanzar condiciones ambientales adecuadas para la actividad humana, procurando que las edificaciones sean energéticamente eficientes y con una expresión formal y tecnológica acorde con su contexto. De esta manera los objetivos principales de la arquitectura bioclimática están aso-

ciados con la disminución de problemas de salud de las personas, esto debido a mejores condiciones térmicas, acústicas, de iluminación, de contenido de humedad y calidad del aire en este ambiente, la optimización de recursos y la contribución para un desarrollo amigable con el medio ambiente, por tanto no necesariamente tiene porque ser más cara o más barata que la arquitectura convencional, ya que no necesita la compra o instalación de sistemas mecánicos de instalación, sino que juega con los elementos arquitectónicos de siempre para incrementar el rendimiento energético y conseguir el confort de forma natural.

La arquitectura bioclimática tiene en cuenta las condiciones del terreno, el recorrido del sol, las corrientes de aire, etc., aplicando estos aspectos a las distribución de los espacios, la apertura y orientación de las ventanas, etc., pero para esto se requiere un riguroso análisis científico de las condiciones de partida, para evitar aquellas teorías dictadas por la moda, sin embargo en muchos casos estos datos resultan difíciles de conseguir por inexistencia de datos climáticos fiables en gran parte del territorio, ya que hay lugares con datos excesivamente

generalistas y datos más particulares se encuentran en aquellas zonas donde se localizan los observatorios meteorológicos. Además los datos climáticos han de analizarse en relación al microclima local y a las condiciones geográficas y morfológicas del territorio que pueden alterar decisivamente las lecturas de partida.

Se debe tener en cuenta que “la adecuación climática y ambiental no debe entenderse como un añadido de desarrollo arquitectónico pre determinado, sino que el propio diseño se adecua a las solicitaciones del medio natural y a todas las demás condicionantes de partida aprovechando las condiciones que ofrece el medio”<sup>5</sup>, sin embargo poca arquitectura bioclimática puede realizarse si las condiciones urbanísticas de partida - obstrucciones solares, exposiciones a vientos, malas orientaciones- la dificultan, por ello es importante el entendimiento del problema de la implantación y ubicación desde una lógica extensiva que incluya todos los grados del pla-

<sup>4</sup> Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*, pág. 58.

<sup>5</sup> Arquitectura Bioclimática: Conceptos Básicos y Panorama Actual, *Flavio Celis D'Amico*, pág. 5.





neamiento urbano, desde los estudios del territorio hasta los planes parciales.

Por otro lado en esa búsqueda de que las edificaciones resulten más eficientes, algunas de estas han buscado combinar los diferentes sistemas de control climático que existen, siendo éstos los sistemas activos y pasivos, que se diferencian porque los primeros se fundamentan en el control de las variables climáticas en el interior de las edificaciones mediante el uso racional de las formas y de los materiales utilizados en la arquitectura, mientras que los segundos aplican directamente las nuevas tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables como la solar (para producción de agua caliente sanitaria, calefacción o energía fotovoltaica), la energía eólica o la biomasa.

# I CAPÍTULO

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

## 1.3.- Factores y Criterios Bioclimáticos

Los principios de la arquitectura bioclimática van dirigidos a:

### 1.3.1.- Confort Medioambiental

Se busca el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios desde el punto de vista del confort ambiental, que “puede definirse operacionalmente como el rango de las condiciones del entorno consideradas aceptables dentro de un espacio habitable, en el que el ser humano desarrolla sus actividades. La ausencia de confort implica una sensación de incomodidad o molestia, ya sea por frío, calor, deslumbramiento, por exceso de ruido, por olores desagradables y por falta de iluminación, entre otros,”<sup>6</sup> por lo que se puede decir que este depende de varios parámetros, los mismos que pueden dividirse en tres categorías:

- “Parámetros físicos, tales como la temperatura del aire del ambiente, la temperatura media radiante de las superficies del ambiente interior, la humedad relativa del aire, la presión atmosférica, el color de las superficies del ambiente, olor, intensidad y calidad de la luz, y niveles de ruido.
- Parámetros humanos, tales como la edad, sexo y características particula-

res de cada persona. Factores culturales, relacionados, por ejemplo, con el lugar en que una persona ha nacido y vivido gran parte de su vida.

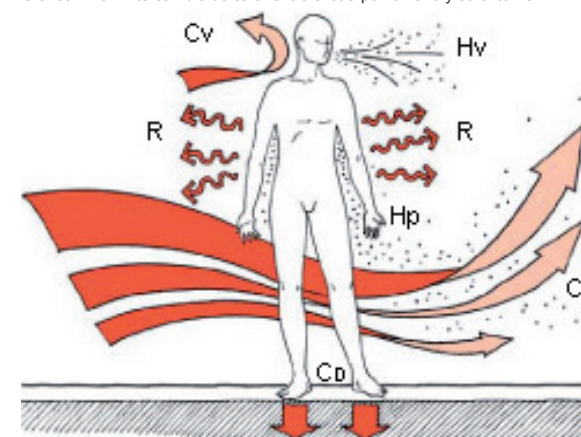
- Parámetros externos, que incluyen el tipo de actividad física en relación a la actividad metabólica, el tipo de vestimenta y las condiciones o hábitos sociales y culturales.”<sup>7</sup>

Para una mejor comprensión del confort ambiental, se ha dividido a este en los diferentes tipos que son: el confort térmico o higrotérmico, el confort lumínico, el confort respiratorio y el confort acústico.

#### 1.3.1.1.- Confort Higrotérmico

El confort higrotérmico se define como aquel estado en que las personas expresan satisfacción con el ambiente que lo rodea y está relacionada con una serie de variables medio ambientales que interactúan con el cuerpo humano, en donde por lo general éste transfiere calor a su entorno, dado que su temperatura es mayor que la del ambiente. Por otra parte el equilibrio térmico del cuerpo humano es un balance dinámico entre el calor producido por éste (como resultado del nivel metabólico) y el intercam-

Gráfico N° 3.- Intercambio de calor entre el cuerpo humano y su entorno



Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*.

bio de calor con el ambiente a través de convección (Cv) conducción (Cd), radiación (r), evaporación a nivel de la piel (Hp) y por vías respiratorias (Hv). (Ver Gráfico N°3)

En cuanto al intercambio de calor por convección este ocurre por la circulación del aire alrededor del cuerpo humano y habrá pérdida de calor por este medio solo cuando el aire circundante tenga una temperatura menor a la de la piel.

<sup>6</sup> Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*, pág. 37.

<sup>7</sup> Idem, pág. 37-38.

# I CAPÍTULO

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

“Con respecto a los intercambios por radiación, estos dependerán de las temperaturas del cuerpo humano y de las temperaturas de las superficies adyacentes, ya que éstas irradian calor dependiendo principalmente de las características térmicas de sus materiales y de la insolación solar”.<sup>8</sup> Por conducción se refiere a la transmisión de calor entre la superficie del cuerpo y los elementos de contacto y por evaporación a la transmisión de calor del organismo hacia el ambiente a través de la evaporación cutánea y respiratoria.

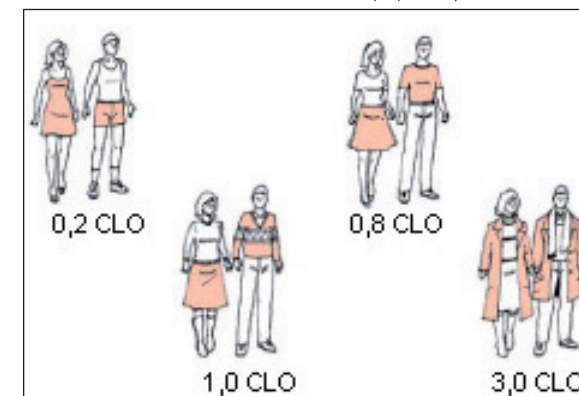
La sensación de confort térmico depende de una serie de parámetros relacionados con las personas mismas como la vestimenta (reduce el intercambio de calor - ver Gráfico N°4) y el metabolismo (actividad física de las personas -ver Gráfico N°5) y otros referentes al ambiente donde se encuentran éstas personas, como la temperatura del aire del recinto (Indica el estado energético del aire en un lugar determinado y es uno de los factores principales que inciden en el flujo de calor entre el cuerpo y el ambiente), la temperatura superficial interior de la envolvente (corresponde al promedio de las temperaturas de las dis-

tintas superficies del recinto y representa la potencia de intercambio por radiación entre éstas y el cuerpo humano), la humedad relativa del aire (Influye en los intercambios calor por evaporación de sudor y mientras menor sea la humedad relativa, más fácil será la evaporación) y la velocidad del aire (una mayor velocidad de aire provoca generalmente un aumento de la evaporación del cuerpo y por eso una sensación de enfriamiento).

## 1.3.1.2.- Confort Lumínico






El confort lumínico se alcanza cuando es posible ver los objetos dentro de un recinto sin provocar cansancio o molestia y en un ambiente de colores agradables para las personas, depende de un manejo equilibrado de la luz cuantitativa y cualitativamente, ya que la luz natural que penetre en el espacio debe considerar cantidades adecuadas y una distribución acorde a las tareas a realizar, para satisfacer necesidades biológicas, fisiológicas y psicológicas de los ocupantes. Desde el punto psicológico, la luz también afecta diversos aspectos del usuario, como la eficiencia y productividad en el trabajo, estados de ánimo, sensación de bienestar y tiene una relación directa con la salud.

Gráfico N° 4.- Variación del índice de vestimenta (clo) de las personas



Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*.

Gráfico N° 5.- Generación de calor del cuerpo humano según actividades

ACTIVIDAD	WATTS
 DORMIR	≈ 100
 TRABAJO LIVIANO	≈ 140
 CAMINAR	≈ 200
 ESFUERZO FISICO LIGERO	≈ 200
 ESFUERZO FISICO INTENSO	Máx. 1000

Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*.

<sup>8</sup> Ventilación Natural Efectiva y Cuantificable: Confort Térmico en Climas Cálidos-Húmedos, *María Eugenia Sosa*, pág. 22.

# I CAPÍTULO

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Para obtener un buen nivel de confort lumínico es recomendable la iluminación natural, sin embargo en ausencia de ésta a partir de ciertas horas del día, se hace necesario un aporte complementario o permanente de luz artificial, por lo que es necesario comprender que la interacción de la luz en las edificaciones comprende la integración de las componentes natural y artificial o eléctrica, ambas deben complementarse para brindar condiciones de confort óptimas tanto de día como de noche y con un uso eficiente de la energía.

## 1.3.1.3.- Confort Respiratorio

El confort respiratorio depende de la calidad de aire en la vivienda, el cual “debe ser renovado en forma permanente de modo de evitar olores desagradables y riesgos de contaminación por la presencia de partículas, gérmenes, gas carbónico e incluso humo de tabaco.”<sup>9</sup> (ver Gráfico N°6).

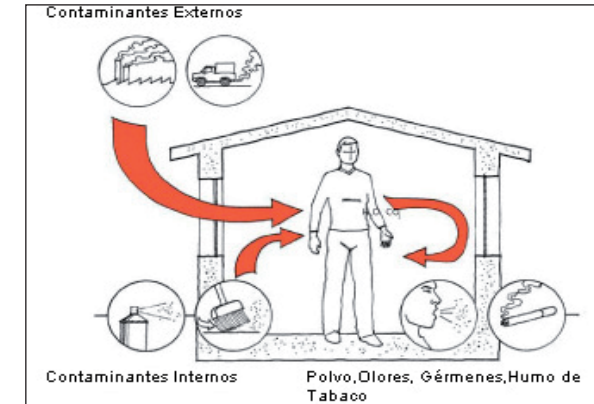
Los edificios bien aislados son a menudo muy estancos. El aire no se renueva suficientemente y es frecuente constatar que la contaminación interior del aire es superior a la contaminación exterior. De este modo, la ventilación adquiere una importancia creciente en la problemática

del confort y la higiene de los edificios. El confort respiratorio es un factor de ambiente, directamente ligado a las condiciones térmicas del edificio: la purificación del aire implica su renovación por un proceso de ventilación natural o mecánico, lo que constituye un importante consumo energético.

Diversos aspectos actúan sobre la calidad del aire, y el individuo es extremadamente sensible a la más mínima variación en su composición. Entre los contaminantes del aire más importantes se encuentran los gases: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs). Por otra parte otro de los contaminantes lo constituye el material particulado de diferentes diámetros.

- **Monóxido de Carbono:** Es un gas que comunmente se forma por la combustión incompleta de combustibles y productos que contienen átomos de carbono. Constituye el contaminante que mas frecuentemente ocasiona problemas de intoxicación a la población. “Más de la mitad del CO que entra en el aire como consecuencia de las

Gráfico N° 6.- Impurezas en el aire ambiente



Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante.

actividades humanas viene de vehículos. Las concentraciones más altas en el ambiente se miden en el centro de las ciudades importantes, en donde casi todo el gas sale de los vehículos de motor. También se produce en cantidades menores en cualquier proceso de combustión, por ejemplo en las estufas de gas, los incendios forestales, los procesos industriales.”<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante, pág. 41.

<sup>10</sup> Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca, Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca CEA, pág. 42.

Por otra parte cuando este gas se oxida se convierte en dióxido de carbono o CO<sub>2</sub>, cuya proporción en el aire fresco es normalmente de un 0,03%. Cuando esta proporción alcanza el 0,15% del volumen, es decir 1.500 ppm, el aire del local se considera aire viciado. Más allá de 4000 ppm, aparecen dolores de cabeza y problemas de concentración.

- **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>):** Es un compuesto muy higroscópico que cuando está suspendido en la atmósfera reacciona con la humedad, formando aerosoles de ácido sulfúrico y sulfuroso que luego producen la denominada lluvia ácida. La mayor producción de este contaminante consecuencia de las actividades humanas proviene de la combustión en las plantas de generación de energía eléctrica.

- **Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>):** Tienen su origen durante los procesos de combustión a altas temperaturas debido a la oxidación de nitrógeno en el aire, en donde la principal fuente de generación la constituye el transporte, así como también las centrales de generación termoeléctrica. Dentro de este grupo se encuentran el monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), que son los com-

puestos más preocupantes por su acción contaminante y es imprescindible controlar sus emisiones, ya que estas contribuyen tanto a la formación de ozono como a la de material particulado fino.

- **Ozono (O<sub>3</sub>):** Es uno de los contaminantes más importantes debido al acelerado incremento de la población, actividades industriales y el uso del automóvil. Este gas es el principal componente del smog el cual primordialmente se genera por las emisiones de los automóviles. "Este contaminante se encuentra en la tropósfera y es formada por reacciones fotoquímicas impulsadas por la acción de luz ultravioleta en los contaminantes precursores de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y compuestos orgánicos volátiles (VOCs)."<sup>11</sup>

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs):** Están conformados por varias clases de compuestos químicos que se vaporizan muy rápidamente. Son empleados principalmente en la industria, transporte y ámbito doméstico y gran parte de la población generalmente se encuentra constantemente expuesta a ellos. Entre estos se encuentran los siguientes productos: agentes desengrasantes, pinturas, barnices, lacas,

tintas, aerosoles, síntesis química y adhesivos, combustibles y sus aditivos, etc.

- **Material Particulado:** Son partículas suspendidas en la atmósfera y que están compuestas por una combinación de productos de naturaleza diversa dependiendo de su origen. En zonas urbanas generalmente provienen de restos de escombros, automóviles, hollines, cenizas y materia orgánica. Estas partículas tienen una amplia gama de tamaños, formas y composiciones químicas, entre las cuales el PM10 (material particulado de menos de 10 micrómetros de diámetro) y el PM2.5 (material particulado de menos de 2.5 micrómetro de diámetro), representan un mayor riesgo para la salud de la población, ya que tienen más probabilidades de ingresar a los alvéolos pulmonares. Las partículas de mayores tamaños tienen otros efectos nocivos, como por ejemplo la reducción de la visibilidad en la ciudad, deterioro de edificaciones e infraestructuras y además dificultan la llegada de los rayos solares.

<sup>11</sup> Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca, Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca CEA, pág. 51.





# I CAPÍTULO

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

## 1.3.1.4.- Confort Acústico

El sonido es un elemento sumamente importante en la definición de la calidad de un ambiente, ya que nuestro organismo lo percibe de manera constante, incluso durante el sueño. Su intensidad, que es la cantidad de energía transmitida, se mide en decibelios (dB) y la velocidad con la que se propagan las ondas, ya sea por vía aérea o sólida varía en función del medio que las transporta y de la temperatura, ya que mientras más elevada sea ésta, más rápido se transmite el sonido. El oído humano interpreta de diferentes maneras la energía del espectro auditivo, que es la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano, (entre los 16 Hz –infra-sonidos- y 20000 Hz –ultrasonidos-), ya que discrimina algunos sonidos de baja frecuencia o percibiendo de manera más intensa los sonidos de frecuencia media y alta que los de frecuencia baja.

Cuando una fuente sonora provoca vibración del aire de una habitación, esta se transmite a los objetos y a las paredes que a su vez se convierten en fuentes sonoras, haciendo vibrar el suelo, el techo y el aire de las estancias continuas, pu-

diéndose producir problemas acústicos que en recintos de viviendas provienen generalmente del ruido aéreo exterior e interior, ruido de impacto en muros y pisos y ruido por vibraciones en equipos. Este sonido puede resultar molesto cuando es intenso y se propaga a frecuencias elevadas, cuando es intermitente, puro o en movimiento (sirenas) o contiene información, por lo que se han establecido algunas normas internacionales para regular los niveles adecuados de sonido, que permitan alcanzar un confort acústico en los espacios.

“El confort acústico se asocia con la calidad acústica de los recintos e involucra una serie de factores y conceptos incluyendo los aspectos subjetivos de la percepción. Tiene que ver ante todo con el hecho de establecer las condiciones acústicas óptimas del espacio, de acuerdo con parámetros analizados y en ocasiones establecidos, para el desarrollo de una actividad determinada.”<sup>12</sup>

La acústica de un ambiente depende de las características de absorción y reflexión de los materiales que lo componen y de su forma, ya que por ejemplo en superficies planas, el sonido se refleja con

un ángulo igual al de incidencia, en superficies cóncavas éste tiende a concentrarse y en superficies convexas tiende a dispersarse. También depende del grado de aislamiento acústico de los elementos, que se refiere a la capacidad para resistir la vibración al chocar con ondas sonoras y disipar así cantidades significativas de energía. Para criterios de diseño existe un valor numérico que nos permite conocer la capacidad de aislamiento acústico de un determinado material o elemento divisorio, este número nos indica cuanta pérdida de transmisión sonora tiene un elemento y se lo conoce como la Clase de transmisión sonora, mientras más valor tenga este, mejor será el comportamiento del elemento como aislante acústico.

Otros de los aspectos que influyen es el fenómeno de la reverberación, el cual depende de la absorción acústica de la superficie interior de cada una de las soluciones constructivas y del mobiliario utilizado.

<sup>12</sup> Introducción a la Arquitectura Bioclimática, Rodríguez Viqueira, pág. 185.

### 1.3.2.- Integración del objeto arquitectónico a su contexto y empleo de materiales existentes en la región

Los materiales utilizados deberán ser de bajo impacto medioambiental, naturales, de origen cercano, de fácil mantenimiento, lo más estandarizados posible e incorporando los criterios de construcción y ciclo de vida, pero esto no se refiere únicamente a la fase de vida útil del edificio, sino a todo su proceso constructivo desde la extracción de los materiales, su elaboración industrial, su puesta en obra, su uso, su reciclaje y su destrucción, ya que una mala elección de éstos puede generar un impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud humana.

Igualmente con respecto a la construcción, se deben emplear materiales de bajo impacto ambiental, como son materias primas autóctonas para ahorrar en transporte, materiales reciclables y reutilizables, entre otros. Reciclar las materias primas es una de las maneras más eficaces de ahorrar energía. Aproximadamente las tres cuartas partes de la energía consumida por la industria se usa para extraer y elaborar las materias primas. Si los metales se sacan de la

chatarra sólo se necesita una fracción de la energía empleada para extraerlos de los minerales. Así por ejemplo, reciclar el acero emplea sólo el 14% de la energía que se usaría para obtenerlo de su mina. Y en el caso del aluminio la energía empleada para reciclarlo es sólo el 5% de la que se usaría para fabricarlo nuevo.

### 1.3.3.- Reducción de la demanda de la energía convencional mediante la utilización de energías renovables.

El desarrollo de un país está ligado a un creciente consumo de energía de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural, en cuyo proceso de obtención generan grandes cantidades de anhídrido carbónico y otros gases contaminantes que se emiten a la atmósfera, por lo que resulta imprescindible reducir la dependencia de los combustibles fósiles, debido a los problemas ambientales serios generan y porque no podemos seguir basando nuestra forma de vida en una fuente de energía no renovable que se va agotando. Por ello es fundamental aprender a obtener energía de manera respetuosa con el ambiente mediante las energías renovables, pero más importante aún, es apren-

der a usar eficientemente la energía, para ello es importante hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible, ya que por ejemplo en el caso del “sector de la edificación, las razones del derroche energético son básicamente tres: 1) Existen límites físicos reales a la eficiencia de algunas transformaciones termodinámicas. 2) Existen factores culturales importantes que inciden en el gasto energético. 3) Existen factores tecnológicos y de diseño, que hacen que nuestras construcciones sean ineficientes en energía”<sup>13</sup>, éste último debido a que la forma en que se desarrolla la arquitectura en general, no considera como fundamental el uso eficiente de la energía tanto en el período de construcción como en el de habitabilidad de las edificaciones.

El mejoramiento de las condiciones ambientales de las viviendas puede resultar más sencillo y factible de aplicar a través de sistemas pasivos, sin embargo si se requieren garantizar mayores condiciones de confort y un ahorro energético más significativo, se puede recurrir a la

<sup>13</sup> <http://www.bioconstruccion.biz>



## I CAPÍTULO

## ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

implementación de sistemas activos, lo cual puede resultar más complejo, ya que estas tecnologías demandan gastos de adquisición, instalación y mantenimiento muy costosos. Es importante considerar que el objetivo de la incorporación de sistemas activos no tiene que ser el de acondicionar artificialmente el interior, sino trabajar en conjunto con los sistemas naturales de acondicionamiento. De esta manera existen dos vías de solución para hacer frente a esta importante problemática, por una parte aprovechar más eficientemente la energía y por otra acudir a fuentes de energía renovables como la solar, eólica, hidráulica, geotermal, biomasa y la energía oceánica o mareomotriz.

“De acuerdo a diversos estudios se ha llegado a demostrar que, si bien al tomar en cuenta en el diseño de viviendas y otras edificaciones los principios bioclimáticos y de ahorro energético se puede reducir el consumo hasta en un 50%, con la incorporación de sistemas mixtos, donde se aprovechan las llamadas energías limpias para el funcionamiento de sistemas mecánicos de control ambiental en interiores, se pueden alcanzar ahorros hasta de un 70%”<sup>14</sup>.

Para un consumo más racional de energía deben adoptarse una serie de medidas, como por ejemplo desde el punto de vista del diseño, mediante la realización de estudios para la orientación de la edificación que permita aprovechar de mejor manera la luz y el calor incidente, para de este modo ahorrar energía. Igualmente es necesario contar con adecuados aislamientos, así como también tomar medidas tan simples como plantar árboles que den sombra en verano o que corten los vientos dominantes en invierno, se ha demostrado que ahorran entre un 15% a un 40% del consumo de energía que hay que hacer para mantener la casa confortable.

La mayoría de estas medidas dependen del proceso de construcción del edificio por lo que es fundamental que sean planificadas preferiblemente desde las primeras etapas del diseño.

<sup>14</sup> Tesis Doctoral: Reacondicionamiento Bioclimático de Viviendas de Segunda Residencia en Clima Mediterráneo, *Katia Simancas Yovane*, pág. 343.



# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

35

## 1.4.- Casa Arauco

### 1.4.1.- Introducción

La vivienda ejemplar que será analizada está ubicada en la ciudad de Arauco (ver Gráfico N° 7), la cual se encuentra en la provincia de Arauco en la región del Bío-Bío en la zona Centro-Oeste de Chile, específicamente en la latitud  $37^{\circ}14'46''S$ , longitud  $73^{\circ}19'03''O$  y a una altura de 12msnm. El terreno donde se emplaza presenta una topografía plana y se localiza cerca del mar.

El clima de la provincia de Arauco es templado lluvioso con influencia marítima, que se caracteriza por precipitaciones intensas, suelo y ambiente salinos y húmedos. La temperatura es templada a fría, la humedad es alta y los vientos son irregulares predominando la dirección Suroeste hacia el Norte. La amplitud térmica anual es del orden de  $8^{\circ}C$ , mientras que la amplitud térmica diaria se estima que es del orden de unos  $10^{\circ}C$ .

Debido a la geometría solar del lugar, bajo el criterio de tener el máximo acceso al sol en períodos fríos del año, la vivienda se encuentra orientada en sentido Norte-Sur, debido a que la trayectoria solar para el Hemisferio Sur tiende a estar

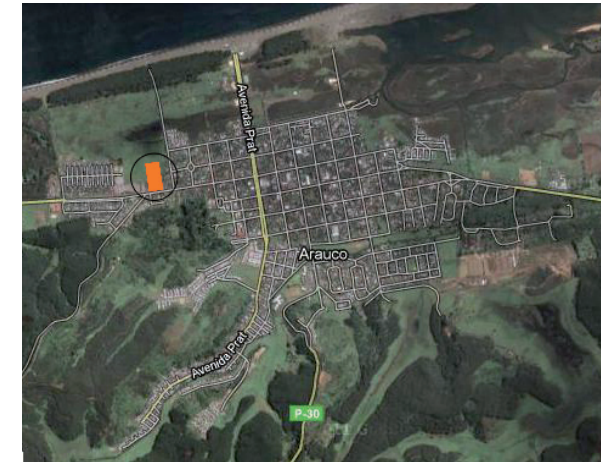
hacia el Norte (ver Gráfico N°8). Como se puede ver en los Gráficos N° 9 y 10, cuando el sol se encuentra a una máxima altura -  $76^{\circ}$  - corresponde al solsticio de verano (21 de Diciembre), mientras que la menor altura -  $1,3^{\circ}$  - se da en el solsticio de invierno (21 de Junio), lo cual es aprovechado como estrategia bioclimática.

Esta vivienda es de tipo unifamiliar, de implantación entre medianeras y está diseñada con espacios mínimos, contando con dos etapas de construcción, en la primera de ellas se tiene un área de  $59 m^2$  y en la segunda alcanza los  $75 m^2$ . Se desarrolla en dos plantas, en la primera etapa en planta baja se encuentra uno de los dormitorios, además del área social, de trabajo y un baño completo, la planta alta cuenta con un dormitorio. En la segunda etapa el dormitorio de planta baja se traslada a la planta alta, permitiendo así la ampliación del área social, mientras que en planta alta se adicionan dos dormitorios y un baño (ver Gráficos N°11,12 y 13).

### 1.4.2.- Estudio de Materiales

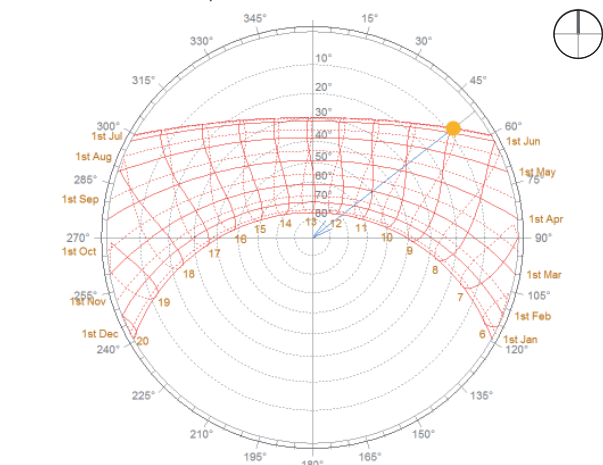
Tras la crisis energética de la década de los setenta se comienza a estudiar el comportamiento energético de

Gráfico N° 7.- Ubicación de la vivienda analizada (casa Arauco)



Fuente: Google Earth

Gráfico N° 8.- Carta solar provincia de Arauco

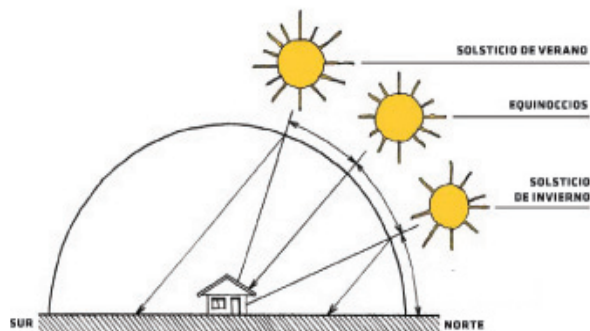


Elaboración: Grupo de Tesis.

# I CAPÍTULO

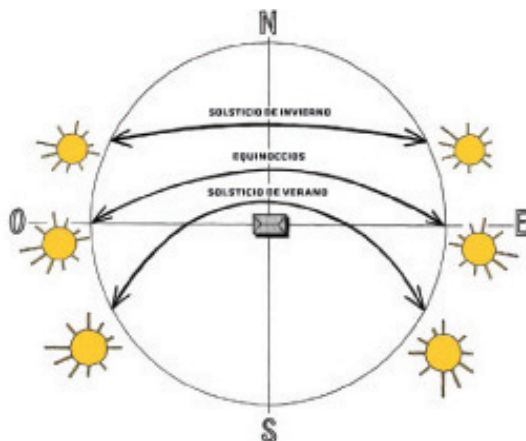
# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

Gráfico N° 9.- Trayectoria solar (Hemisferio Sur) respecto de la superficie horizontal terrestre, vista lateral para equinoccios y solsticios.



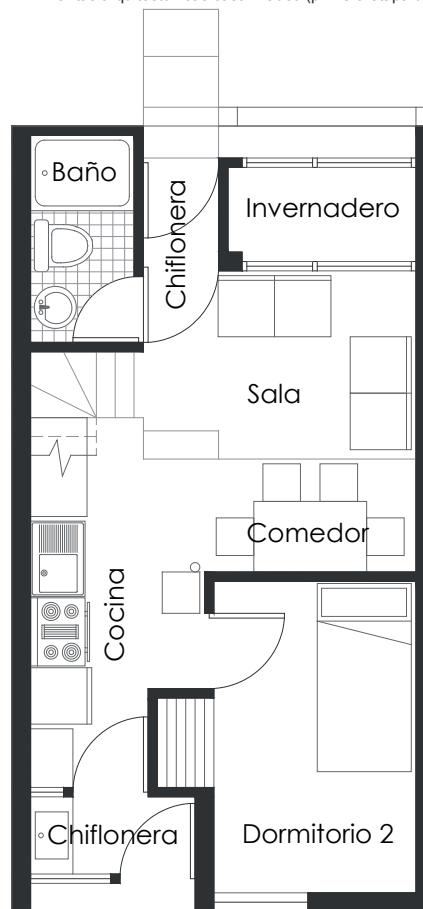
Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*.

Gráfico N° 10.- Trayectoria solar (Hemisferio Sur) respecto de la superficie horizontal terrestre, proyectada en planta para equinoccios y solsticios.

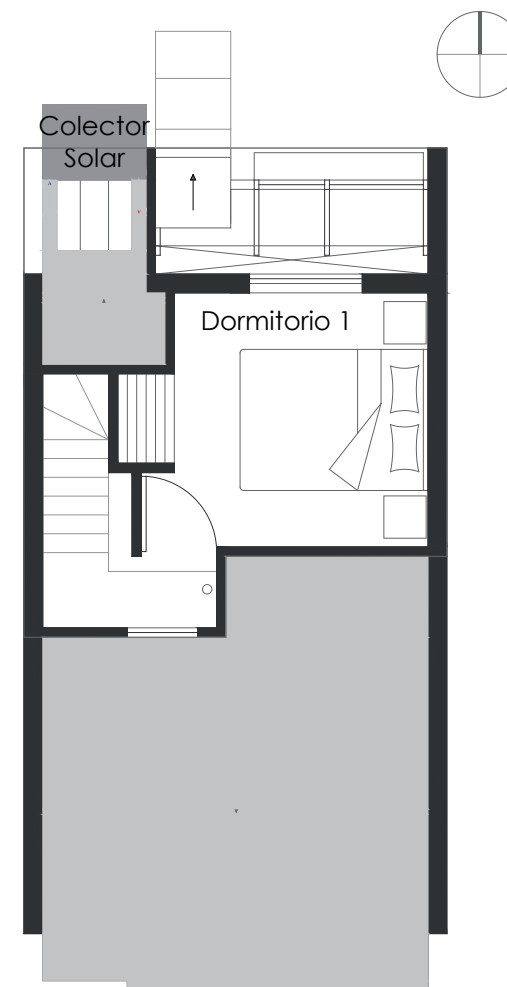


Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*.

Gráfico N° 11.- Plantas arquitectónicas casa Arauco (primera etapa de construcción)



Planta Baja



Planta Alta

Elaboración: Grupo de Tesis.

## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

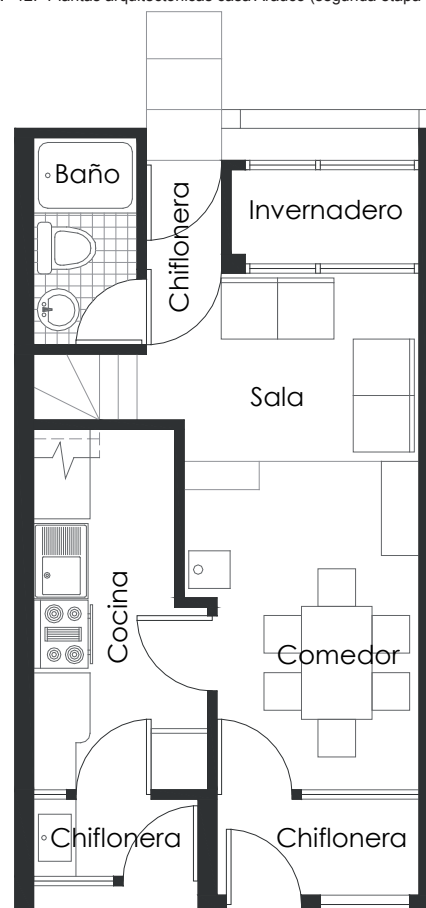
37

los edificios y de los materiales que lo conforman, pues el sector de la construcción, es uno de los sectores con mayor consumo energético. Es por ello que se han realizado diversos estudios sobre el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de materia prima, todas las actividades de transformación y uso, hasta finalmente la dispersión de los residuos generados en su desecho.

“Tradicionalmente en el sector de la construcción se han utilizado materiales, de carácter local tales como, la piedra, la cerámica, la madera, el corcho, etc, lo que se traduce en unos costes energéticos e impactos ambientales reducidos. En la actualidad, el uso masivo de materiales de carácter global como el cemento, el acero, el aluminio, el pvc y otros plásticos, etc, ha causado un incremento notable en los costes energéticos y medioambientales.”<sup>15</sup>

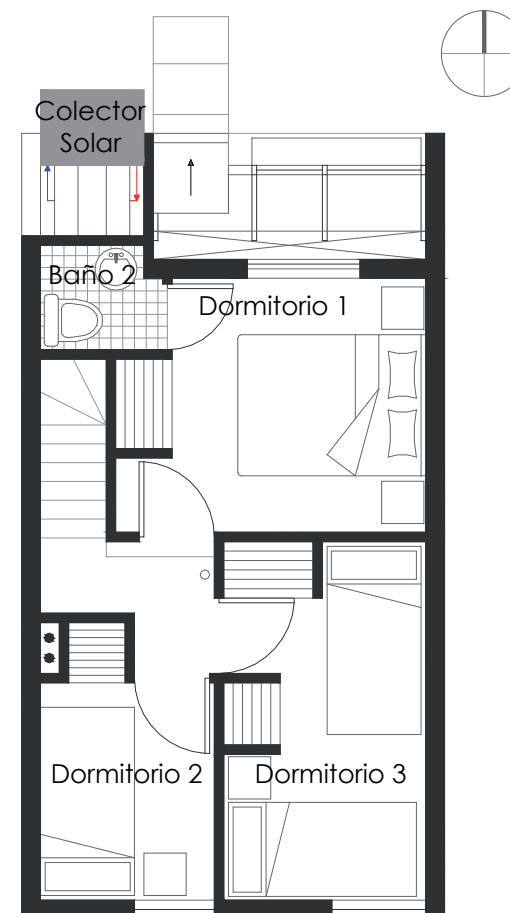
En la Tabla N°3 se muestran algunos valores de coste energético que requiere cada

Gráfico N° 12.- Plantas arquitectónicas casa Arauco (segunda etapa de construcción)



Planta Baja

Elaboración: Grupo de Tesis.



Planta Alta

<sup>11</sup> Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida, *Alonso Aranda-Ignacio Zabalza*, pág. 9

<sup>15</sup> Eficiencia Energética: Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida, *Alfonso Aranda Usón - Ignacio Zabalza Bribián*, pág. 9.

# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

uno de los materiales más utilizados en la construcción. En esta se puede apreciar el bajo costo energético de los materiales naturales, arena, grava, piedra y madera frente a materiales de elaboración industrial como el hormigón o el cemento. La importancia de este análisis se debe a que el fin de una edificación bioclimática es el confort de quienes habitan en ella a través de la eficiencia energética, lo que conlleva a que la vivienda a más de ser concebida con ciertos criterios como la orientación, soleamiento, vientos, etc, es necesario que el ahorro energético también se vea reflejado en los mate-

Gráfico N° 13.- Elevaciones

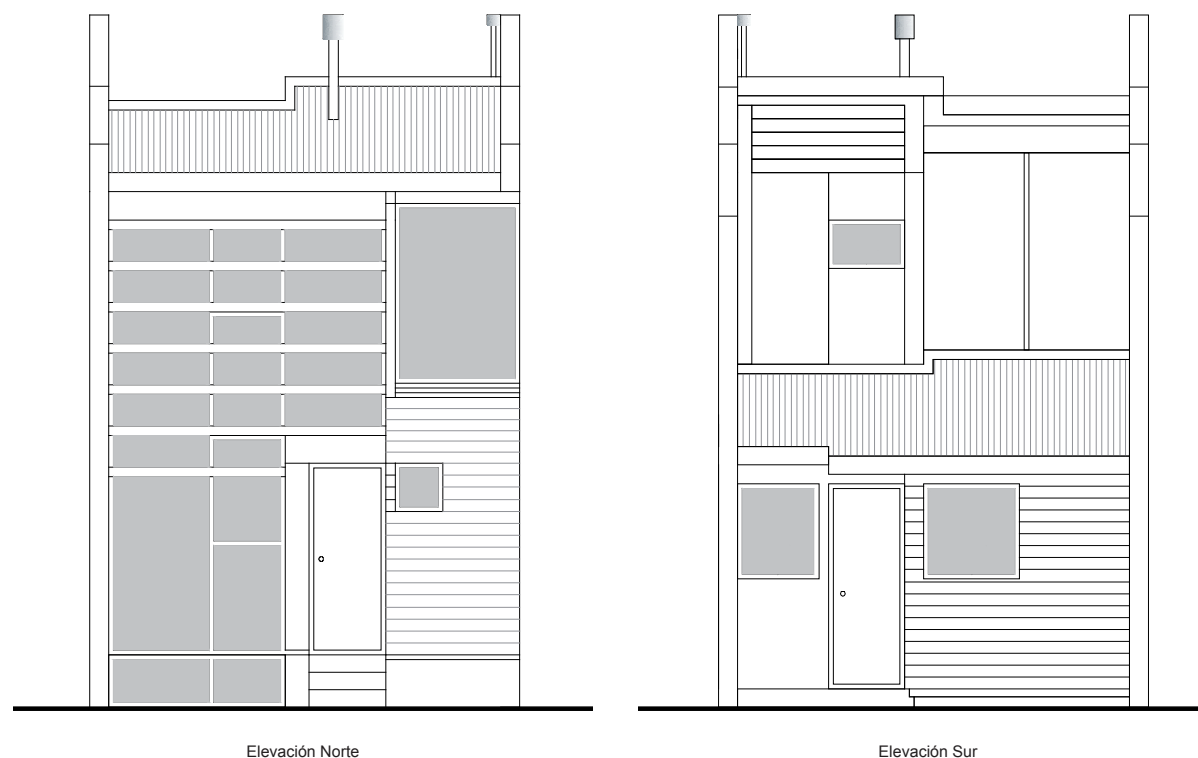


Tabla N° 3.- Costo energético según materiales de construcción

MATERIAL	COSTO ENERGETICO
CONGLOMERANTES:	
Hormigón	1,1 MJ/KG
Yeso	3,3 MJ/KG
Cemento	7,0 MJ/KG
REVESTIMIENTOS:	
Madera	3,0 MJ/KG
Ladrillo	2,9 MJ/KG
Aplacado de Piedra	0,8 MJ/KG
ARIDOS:	
Arena	0,1 MJ/KG
Grava	0,1 MJ/KG

Fuente: Cuantificación Energética de la Construcción de Edificios y el Proceso de Urbanización, *Mikel Cepeda-Iker Mardaras*.

Elaboración: Grupo de Tesis.

## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

39

Tabla N° 4.- Energía incorporada y densidad según materiales de construcción

Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) (Kg/m <sup>2</sup> )	Energía primaria (MJ/Kg)	Energía primaria (MJ/m <sup>3</sup> ) (MJ/m <sup>2</sup> )	Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) (Kg/m <sup>2</sup> )	Energía primaria (MJ/Kg)	Energía primaria (MJ/m <sup>3</sup> ) (MJ/m <sup>2</sup> )
Acerd00% reciclado (teórico)	7850	17	133450	Madera de clima templado	800	3	2400
Acerocomercial (20% reciclado)	7850	35	274750	Madera tropical	700	3	2100
Aluminio00% reciclado (teórico)	2700	23	62100	Madera tablero aglomerado con formaldehidos	700	14	9800
Aluminio comercial (30% reciclado)	2700	215	580500	Madera tablero aglomerado sin formaldehidos	700	14	9800
Aluminio primario	2700	160	432000	Madera tablero contraplacado contrachapado	15	5	75
Arcilla cocida ladrillo y tejas	40	45	180	Mortero M-40/a (1)	40	1	40
Arcilla cocida, materiales cerámicos vitrificados	1800	10	18000	Mortero M-80/a	40	1,4	536
Arcilla cocida sanitarios	1900	27,5	52250	E.V. C Primario	2100	80	168000
Arena	1500	0,1	150	P.V.C: reciclado (más del 70%)	2100		
Asfalto entela	1300	10	13000	Pintura alástica	0,07	20	14
Cemento	1200	7	8400	Pintura alástica	0,07	20	14
Cobre comercial	8900	90	801000	Pintura barnices sintéticos	0,065	100	6,5
Cobre primario	8900	90	801000	Policloropreno (neopreno)	4,8		
Fabrica de ladrillo hueco	1000	2,8	2960	Poliéster expandido (EPS)	20	120	2400
Fabrica de ladrillo hincizo	1800	2,85	5130	Poliéster extrudido (XPS) con agente hinchante tipo CO2	40	100	4000
Fabrica de ladrillo perforado	1400	2,8	4004	Poliéster extrudido (XPS) con agente hinchante tipo CFC	40	100	4000
Fibra de vidrio	30	30	900	Polipropileno	4,8	80	384
Fibrocemento (de fibras sintéticas o de madera)	2000	9	18000	Polietileno reciclado (más del 70%)	4,8	77	3696
Fibrocemento (de amianto)	1700	6	10200	Poliuretano (PUR) con agente hinchante tipo CO2	4,8		
Grava	1700	0,1	170	Poliuretano (PUR) con agente hinchante tipo CFC	4,8	70	336
Hormigón H-150(2)	2500	0,9	2475	Vidrio plano	2600	19	49400
Hormigón H-200	2500	1,1	2750	Yeso	1250	3,3	4125
Hormigón H-175	2500	1,8	2575				

Fuente: Cuantificación Energética de la Construcción de Edificios y el Proceso de Urbanización, *Mikel Cepeda-Iker Mardaras*.



# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

riales con los cuales será construida.

En la Tabla N°4 se presenta la energía incorporada (cantidad de energía que cada material ha requerido para su fabricación) de los principales materiales de la construcción con el fin de identificar cuáles son los de mayor y menor consumo energético que presenta el ejemplo de vivienda a analizarse.

De esta manera se tiene que en la vivienda analizada se ha utilizado para el piso en planta baja una losa de hormigón con terminación afinada y pigmento de color tierra, mientras que en planta alta el recubrimiento del piso es con tableros de partículas de madera sobre una estructura de madera de Pino. En las paredes se emplea ladrillo macizo tanto en las laterales, que están adosadas como muros corta fuego y en la fachada frontal como acumulador térmico. El resto de la envolvente se encuentra construida con paneles de yeso-cartón al interior y madera o fibrocemento al exterior, teniendo como relleno intermedio poliestireno expandido. Las paredes interiores están constituidas con dos tableros de yeso-cartón y lana mineral. En cuanto al cielo raso, en este se utiliza

yeso cartón con aislamiento de lana mineral. Finalmente la cubierta tiene como recubrimiento exterior planchas de zincalum ondulado sobre una estructura de madera. Los materiales empleados en ventanas son vidrio simple con carpintería de madera y las puertas son fabricadas en madera.

Como se puede ver en la Tabla N°5 los materiales utilizados, en su mayoría son de baja energía incorporada, el elemento que presenta mayor valor es el vidrio (49400 MJ/m<sup>3</sup>). Además se puede observar que los materiales que se usan para la impermeabilización y el aislamiento del edificio son elementos de mayor consumo energético frente a los materiales naturales como son el ladrillo de arcilla cocida, arena y grava, sin embargo su uso es imprescindible y se equilibra mediante el uso de estos materiales de menor consumo energético.

En la vivienda no se usa elementos con gran energía incorporada como el aluminio que presenta un valor de 580500 MJ/m<sup>3</sup>, en su lugar y en lo posible se ha utilizado madera. Por otra parte los demás materiales como el fibrocemento y yeso-cartón, se lo ha utilizado estratégicamente procurando que

Tabla N° 5.- Densidad y energía incorporada según materiales de construcción empleados en la casa Arauco.

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> ) (Kg/m <sup>2</sup> )	ENERGÍA (MJ/m <sup>3</sup> ) (MJ/m <sup>2</sup> )
Arena	1500	150
Cemento	1200	8400
Fábrica de ladrillo macizo	1800	5130
Fibrocemento	1700	10200
Grava	1700	170
Hormigón H- 250	2500	2769
Lana mineral	45	1026
Ladrillo artesanal	40	180
Madera de partículas	700	9800
Madera de pino	600	1252
Poliestireno expandido	20	2400
Polipropileno	4,8	384
Poliuretano	4,8	336
Tela asfáltica	1300	13000
Vidrio plano	2600	49400
Yeso carton	900	7080

Fuente: Cuantificación Energética de la Construcción de Edificios y el Proceso de Urbanización, *Mikel Cepeda-Iker Mardaras*.

## 1.4.3.- Sistema Constructivo

La estructura de la edificación es en sistema de pórticos con Hormigón Armado debido a su alta masa térmica que evita fluctuaciones bruscas de temperatura. El sistema de cimentación es a través de zapatas.

El contrapiso de planta baja está confi-



gurado por una cama de ripio sobre terreno compactado, además de contar con aislamiento de humedad y térmico como son el polietileno y poliestireno expandido, respectivamente. Finalmente encima del aislante térmico se encuentra construida una losa de hormigón pigmentado. Por otra parte, la envolvente está configurada con tabiques de madera y ladrillo macizo.

#### 1.4.4.- Estrategias de Confort Medio-ambiental

##### 1.4.4.1.- Calefacción

Debido a que la vivienda se encuentra ubicada en un lugar en donde se requiere captar calor sobre todo por diversos sistemas de calefacción pasivos (aquellos sistemas de calentamiento que se aplican a los edificios en el propio diseño arquitectónico), la edificación está orientada en sentido Norte-Sur, pues es la que permite aprovechar de mejor manera la energía solar. En cuanto a la forma de la vivienda, se ha buscado disminuir al máximo la superficie expuesta de la misma, a través de una alta compacidad y adosamiento, ya que “con un mismo tipo de envolvente, las pérdidas

de calor a través de ella disminuyen en la medida que la envolvente expuesta de la vivienda tenga una menor superficie.”<sup>16</sup> La calefacción solar por aportes pasivos en esta vivienda se consigue a través de sistemas conformados por elementos captadores, acumuladores y distribuidores, además de aislantes que permitan la conservación del calor.

#### A) Sistema de Lecho de Rocas

Dentro de los mecanismos empleados para conseguir un confort climático se encuentra el sistema de calentamiento pasivo mediante un lecho de rocas. Esta unidad de almacenamiento de calor, se basa en la capacidad calorífica de ciertos materiales ligeramente compactos y tiene la función de ser el acumulador de energía térmica mediante el calentamiento de las piedras con la circulación de aire caliente. “Un lecho de rocas consiste en un recinto que está situado normalmente debajo del edificio, lleno de rocas y cerrado con un acristalamiento en la parte donde incide la radiación solar. La energía solar es captada a través de la superficie acristalada y almacenada en las rocas, para ser cedida posteriormente al edificio, ya sea por conducción y radia-

Gráfico N° 14.- Ubicación lecho de rocas



Fuente: Documento de viviendas sustentables

ción (en cuyo caso la respuesta es muy lenta) o bien por convección natural o forzada mediante la circulación de aire desde el lecho de rocas hacia el interior del edificio (en cuyo caso la respuesta es más rápida),”<sup>17</sup> siendo este último

<sup>16</sup> Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*, pág. 73

<sup>17</sup> Tecnología Solar, *Ibañez Plana-Rosell Polo-Rosell Urrutia*, pág. 83

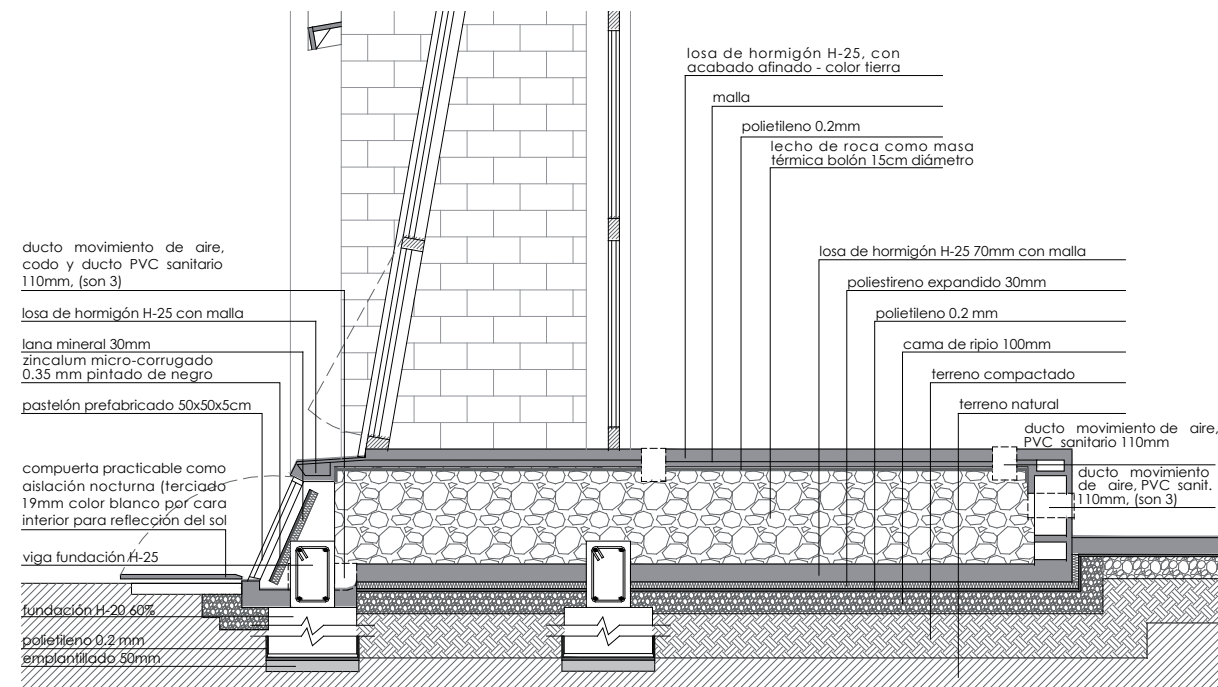
## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

medio el empleado en esta vivienda, ya que el aire caliente se transporta desde el lecho de piedras al ambiente interior mediante ductos (ver Gráfico N°14). Además es importante mencionar que en esta edificación la radiación captada a través de la superficie acristalada es absorbida por una placa de zincalum (delgada lámina de acero recubierta por ambas caras con una capa de Aluminio-Zinc), que se encuentra recubierta con pintura negra para conseguir aumentar el efecto de absorción de la radiación solar. Dicha placa absorbente transforma la radiación solar en calor (radiación infrarroja o térmica) y transmite esta forma de energía a un fluido calo-portador que en este caso es aire. En la parte posterior de la placa absorbente se sitúa un aislante térmico (lana mineral) que reduce las pérdidas de calor por conducción (ver Gráfico N°15).

Los intercambiadores de lecho de rocas tienen una transferencia de calor muy buena entre el aire y los sólidos del lecho, lo que tiende a reducir al mínimo las diferencias de temperatura entre el aire y los sólidos cuando se calienta el lecho y entre los sólidos y el aire cuando se enfría el lecho. Por otra par-

Gráfico N° 15.- Sección constructiva de lecho de rocas



Elaboración: Grupo de Tesis.



## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

te las necesidades de aislamiento en la superficie exterior del lecho de rocas son mínimas, si el almacenamiento es para períodos de tiempo cortos, puesto que la conductividad térmica del lecho en las direcciones radiales es baja.

Con el fin de captar de mejor manera la radiación solar, la contrapuerta practicable que presenta el acristalamiento se encuentra recubierta con una placa de superficie reflectante (color blanco), lo cual permite un mayor porcentaje de reflexión. Durante las noches o períodos de frío, para evitar pérdidas de calor se cubre el acristalamiento mediante dicha compuerta. (ver Gráfico N°15)

### B) Invernadero

En la fachada Norte de la edificación se encuentra adosado un invernadero, el cual constituye una zona de ganancias solares directas y una estrategia de conservación al ser también un buffer térmico en invierno, mientras que en verano cumple la función de un espacio de estar. ( Ver Gráfico N° 16).

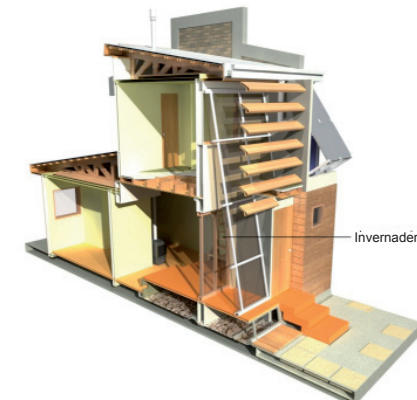
Este mecanismo de diseño arquitectónico solar pasivo consiste en “una forma de

utilizar el efecto invernadero provocado por la presencia de elementos vidriados a través de los cuales la radiación solar (onda corta) se trasmite hacia el interior incidiendo sobre elementos del edificio que absorben parte del calor que lleva consigo esta radiación. Estos cuerpos emiten radiación (onda larga), frente a la cual el vidrio es opaco, generando entonces el efecto invernadero en que el calor eleva la temperatura del local correspondiente.”<sup>18</sup>

Durante las horas de sol, la radiación solar que incide en las diferentes superficies del invernadero, calienta el aire al interior de éste, que a su vez abriga la vivienda por convección natural. El invernadero debe permitir que el calor llegue al interior de la vivienda a través del vidrio entre el espacio habitable y el propio invernadero ( ver Gráfico N° 17), con lo cual se eleva la temperatura diurna, se aumenta también la nocturna y a su vez se amortigua la oscilación térmica en el interior respecto de la exterior.

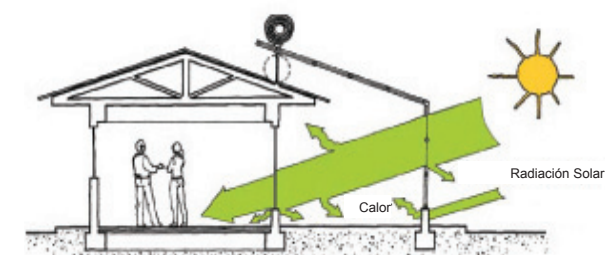
Para evitar perder demasiado calor durante el período nocturno, ya que el vidrio es buen transmisor de calor, es posible colocar persianas sobre los cristales que se cierran durante la noche,

Gráfico N° 16.- Ubicación de invernadero



Fuente: Documento de viviendas sustentables

Gráfico N° 17.- Captación de radiación solar y generación de efecto invernadero



Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante.

<sup>18</sup> Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante ,pág. 67

# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

en el caso de esta vivienda, las ventanas cuentan con puertas practicables de madera para aislamiento nocturno. Otra técnica para evitar pérdidas de calor es separar por medio de un muro el invernadero del resto del edificio, de esta manera el acceso al invernadero queda cerrado por la noche reduciendo en gran medida las pérdidas. Las ventajas del uso de los invernaderos y galerías acristaladas, reside en que el clima de las viviendas mejora sensiblemente situando un recinto compensador entre el espacio habitado y el exterior, ya que el invernadero cumple la función de un espacio Tampón.

## C) Albañilería como acumulador térmico

En esta vivienda se ha utilizado la mampostería de ladrillo como un elemento para absorber energía calorífica debido a su masa térmica. En las edificaciones el uso correcto de ésta, contribuye a moderar las temperaturas internas, la idea es que la masa del muro funcione como una pila térmica, ya que absorbe el calor de la luz solar durante el día y lo irradia durante la noche. Este tabique de ladrillo se encuentra en

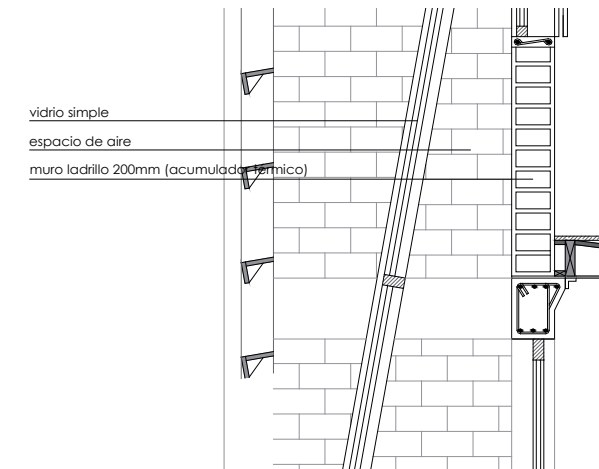
la fachada Norte (mayor exposición a la energía solar) y detrás del invernadero, con el objetivo de incrementar el calor absorbido por el muro ( ver Gráfico N° 18).

## D) Tabiques de Aislamiento

El aislamiento en la envolvente de la vivienda permite reducir el consumo en climatización, siendo esta la forma más eficiente y económica ya que por la piel de la edificación es por donde se dan las mayores pérdidas energéticas. Por esta razón la envolvente de la vivienda analizada se concibe como una doble piel térmica, la cual rodea completamente la edificación, permitiendo conservar las ganancias térmicas.

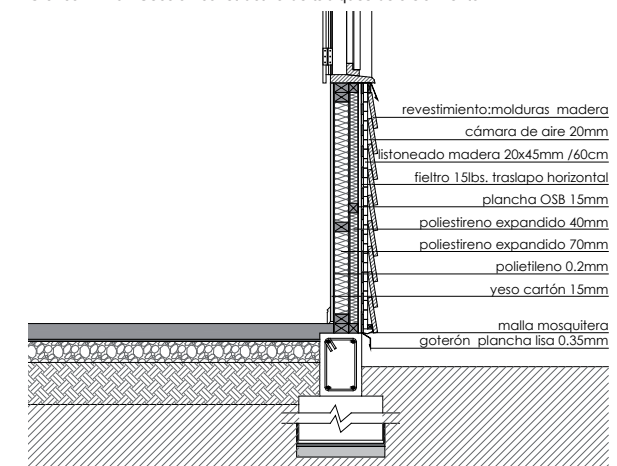
Las paredes orientadas al Sur, que tienen una mínima exposición al sol, se encuentran configuradas de manera que eviten la pérdida de la temperatura acumulada al interior de la vivienda, y el paso desde el exterior al interior (ver Gráfico N° 19). Esto se consigue a través de una tabiquería conformada por dos capas de poliestireno expandido de 0,045m y 0.07m de espesor, que funcionan como aislante térmico. Estas se encuentran entre un tablero de yeso cartón hacia el interior y

Gráfico N° 18.- Sección constructiva de invernadero



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 19.- Sección constructiva de tabiques de aislamiento



Elaboración: Grupo de Tesis.

una plancha de OSB recubierta con un entirado de madera hacia el exterior. La estructura celular cerrada del poliestireno expandido permite que no sea higroscópico y tenga una gran estanqueidad, lo que limita la absorción de agua al mínimo, ésta característica hace que el poliestireno expandido mantenga inalterable su capacidad de aislación térmica y a la vez tenga una elevada resistencia a la difusión de vapor de agua, disminuyendo el riesgo de daño por condensación de agua al interior el material.

Sin embargo debido a que la vivienda se encuentra en una zona lluviosa es recomendable la protección de la envolvente ante la absorción de agua, ya que los materiales pueden presentar filtraciones de humedad, lo cual aumentaría la conductividad térmica de las paredes, por lo que se ha utilizado barreras de humedad en la cara externa del panel y barreras de vapor en la interna.

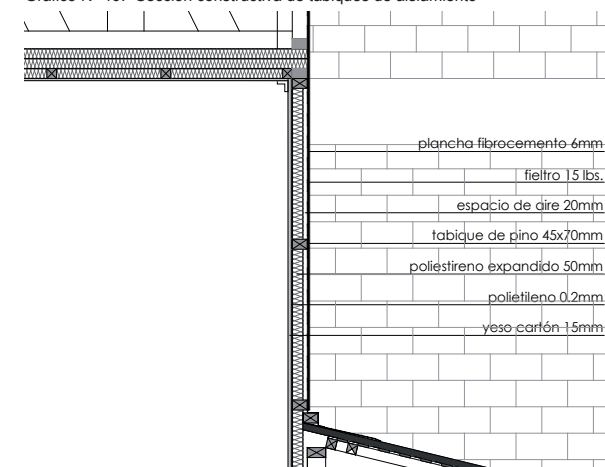
A pesar de que el poliestireno expandido responde adecuadamente frente a la humedad, se ha considerado necesario impermeabilizar mediante un fieltro entre el tablero de OSB y el poliestireno. De igual manera en la superficie interna, si

bien las planchas de yeso-cartón, cumplen con los requisitos para barreras contra filtraciones de aire, no funcionan muy bien como barreras contra el vapor, por ello se ha colocado polietileno, considerando que este debe ser instalado en la superficie más caliente de la estructura (ver Gráfico N° 19).

Por otra parte, el poliestireno expandido se encuentra dentro de los materiales combustibles, sin embargo la seguridad ante un incendio queda garantizada al contemplar la solución constructiva completa, en donde éste queda recubierto por paneles en ambas caras.

Considerando que la vivienda ha sido concebida para ser construida en dos etapas, la pared externa de la planta alta está conformada por un panel de fibrocemento hacia el exterior, como aislante de humedad se cuenta con un fieltro, a continuación dos centímetros de cámara de aire, seguido de una plancha de poliestireno expandido y polietileno, finalmente hacia el interior se encuentra un panel de yeso-cartón (ver Gráfico N° 20). Este tabique no presenta el mismo nivel de aislamiento que el resto de las paredes externas, ya que en la ampliación de la

Gráfico N° 19.- Sección constructiva de tabiques de aislamiento



Elaboración: Grupo de Tesis.

vivienda éste formará parte de las paredes internas.

### E) Aislamiento en Cubierta

Como se puede ver en el Gráfico N° 20, al tratarse de una cubierta que no será habitada, el aislamiento térmico se lo ha realizado en el suelo de ésta, mediante la colocación de lana mineral de 150mm de espesor. Este material al no tener contacto con el exterior, debido a la gran cámara de aire que se forma por la inclinación de la cubierta, no es necesario la utilización de poliestireno expandido o

# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

polietileno. Sin embargo en las superficies inclinadas, se ha colocado un fieltro como barrera de humedad y sobre éste el recubrimiento externo que son planchas de zincalum ondulado.

## F) Aislamiento en Pisos

En el contrapiso, en la zona en donde se encuentra el lecho de rocas, sobre la cama de ripio se ha colocado polietileno como barrera de vapor y sobre éste una plancha de poliestireno expandido como aislante térmico, con el fin de evitar la pérdida de calor acumulado por las rocas. Finalmente sobre el poliestireno se ha fundido una losa de hormigón.

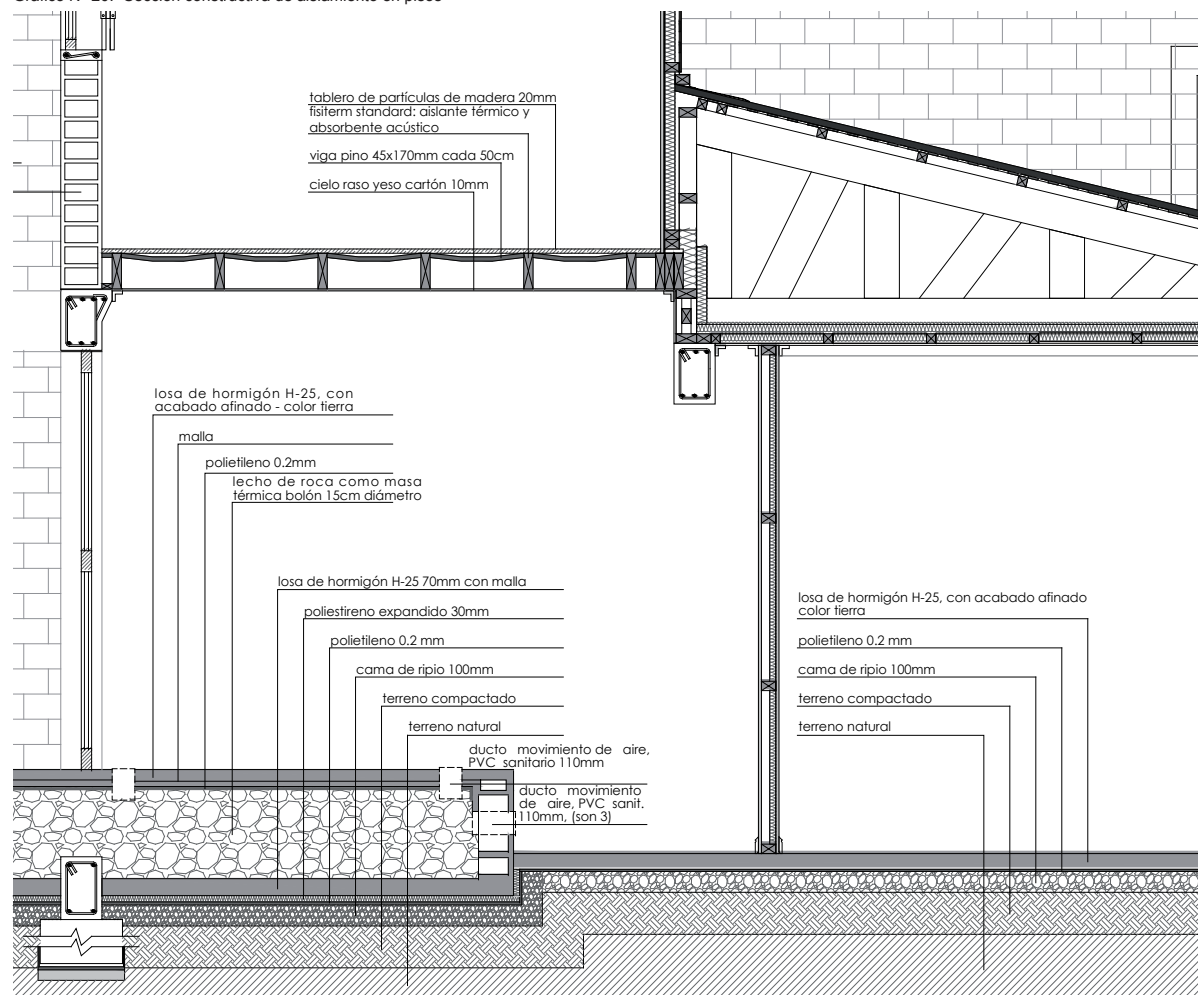
En el resto del contrapiso únicamente se ha colocado polietileno entre la cama de ripio y la losa.

En el entrepiso se ha utilizado un aislante térmico y acústico entre las vigas de madera y el tablero de partículas (ver Gráfico N° 20).

## G) Aislamiento en Ventanas

Debido a la alta conductividad térmica del vidrio, con el fin de evitar el enfriamiento de los espacios durante las noches, las ventanas cuentan con compuertas prac-

Gráfico N° 20.- Sección constructiva de aislamiento en pisos



Elaboración: Grupo de Tesis.

# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

47

ticables de tableros de OSB, los mismos que presentan un comportamiento térmico adecuado al mismo tiempo que funcionan como aislamiento (ver Gráfico N° 21). Además la carpintería de las ventanas es de madera, que es un material que ayuda a contrarestar los puentes térmicos, debido a su baja conductividad térmica.

## H) Aislamiento en Puertas

Debido a que la vivienda se encuentra orientada en la dirección de los vientos predominantes, para evitar las filtraciones de corrientes de aire al interior de la vivienda que puedan provocar enfriamientos, la edificación cuenta con dobles puertas en ambos accesos, las cuales cumplen la función de buffer térmico, ya que la contrapuerta trabaja creando un espacio de aire aislante entre ésta y la puerta primaria (ver Gráfico N° 22). Al igual que las ventanas, se ha optado como material a la madera, disminuyendo así los puentes térmicos.

### 1.4.4.2.- Ventilación

En la zona donde se emplaza la vivienda, la ventilación natural es posible de ser usada tanto en invierno como en ve-

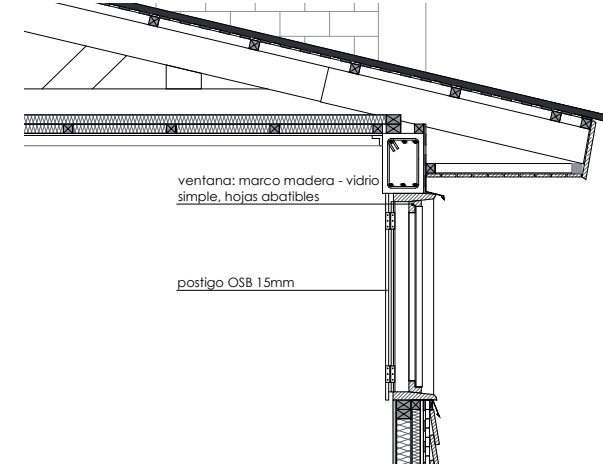
rano. En verano no producirá sobrecalentamiento interior debido a las bajas temperaturas ambientales en el exterior, mientras que en períodos fríos debe limitarse a lo estrictamente necesario para evitar excesos de pérdida de calor.

Esta vivienda cuenta con un mecanismo de ventilación natural cruzada, que consiste en la circulación de aire entre la apertura de una fachada y su opuesta (ver Gráfico N° 23). Considerando que el tamaño de ventanas y la ubicación de estas en la vivienda permitirán obtener mayor o menor ventilación en los recintos, para distribuir de mejor manera el aire al interior de la edificación, las ventanas opuestas no son paralelas, lo cual al mismo tiempo disminuye la velocidad del flujo. Igualmente para controlar la cantidad de aire que ingresa a la edificación, se ha optado por el diseño de ventanas de dimensiones menores.

### 1.4.4.3.- Iluminación Natural y Protección Solar

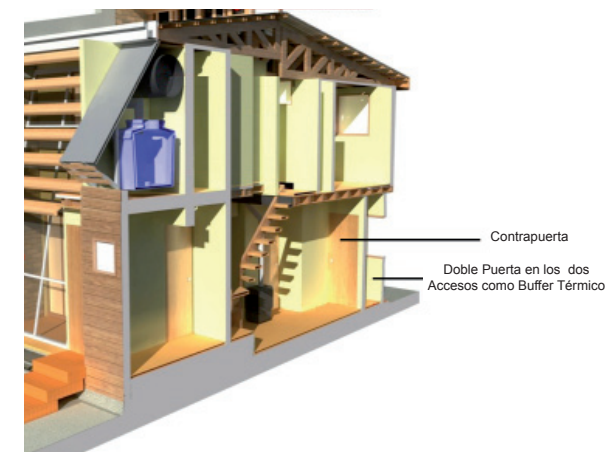
La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra

Gráfico N° 21.- Sección constructiva de aislamiento en ventanas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 22.- Ubicación doble acceso (buffer térmico)



Fuente: Documento de viviendas sustentables



## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

vida diaria. La mayor parte de información que obtenemos a través de nuestros sentidos es mediante la vista (cerca del 80%). Al estar tan acostumbrados a disponer de ella damos por supuesta su labor. Ahora bien, no se debe olvidar que ciertos aspectos del bienestar humano, como nuestro estado mental o nuestro nivel de fatiga se ven afectados por la iluminación y el color de las cosas que nos rodean.

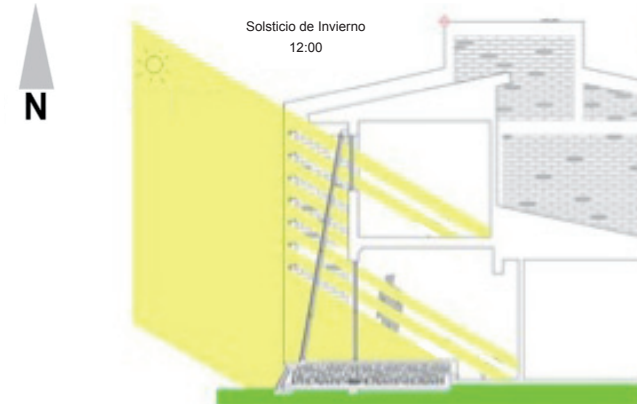
Esta edificación analizada, cuenta con una distribución y una propuesta de espacios que permiten recibir la luz natural y unos recursos constructivos que ayudan a una mayor optimización de la incidencia de la luz solar en función del tipo de espacios. De esta manera como un mecanismo para controlar la incidencia de los rayos solares en verano, la fachada Norte cuenta con celosías fijas, cuyo ángulo de inclinación permite ganancias en invierno (ver Gráfico N°24), mientras que en verano limitan el paso del sol al interior de la vivienda (ver Gráfico N°25), evitando así el exceso de iluminación, fenómeno que puede reducir significativamente las posibilidades de confort visual interior producto del deslumbramiento, al mismo tiempo que se controla el sobrecalentamiento.

Gráfico N° 23.- Ventilación natural cruzada



Fuente: Documento de viviendas sustentables

Gráfico N° 24.- Celosías de control solar: ingreso de radiación solar en invierno



Fuente: Documento de viviendas sustentables

Gráfico N° 25.- Celosías de control solar: protección ante radiación solar en verano



Fuente: Documento de viviendas sustentables

.....

<sup>18</sup> Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Juan Guasch Farrás, pág. 46.7



#### 1.4.4.4.- Acústica

El confort acústico es alcanzado cuando se logran unas adecuadas condiciones de reproducción sonora, evitando los ruidos o sonidos no deseados dentro de las habitaciones, pero además presentando unos sonidos de carácter y magnitud compatibles con el uso y las actividades que tienen lugar en el. La vivienda al formar parte de una urbanización, no se ve muy afectada por el ruido externo, además de que se encuentra en una ciudad de baja población, por ello ha sido suficiente la aislación de la vivienda. Interiormente la vivienda cuenta con un aislante acústico en el entrepiso, con el propósito de evitar ruidos que puedan interferir con el normal desempeño de las actividades, especialmente en la zona de descanso.

#### 1.4.4.5.- Otros Elementos Constructivos

En las uniones entre el piso y paredes y de éstas con la cubierta, se ha recubierto con madera para evitar los puentes térmicos. Además se ha hecho uso de goterones para proteger a la fachada frente a las precipitaciones.

#### 1.4.5.- Tecnologías de Generación de Energía Basadas en Recursos Energéticos Renovables

Las fuentes de energía renovables o alternativas son aquellas que se van rehaciendo con el tiempo de forma continua, no consumen un recurso finito como un combustible fósil o una sustancia radiactiva y además, en general, causan menos impactos ambientales negativos. Entre estas energías se encuentran la energía solar, hidroeléctrica, de la biomasa, la obtenida de los océanos y la geotermal.

Una de las formas más sencillas de aprovechar la energía solar es utilizando los calentadores solares de agua, los cuales son eficientes y fáciles de usar. Se trata de sistemas fototérmicos en los que se puede canalizar la energía irradiada por el Sol hacia nuestros hogares, usándola para calentar agua para uso doméstico, albercas, etc. Un calentador solar de agua se componen de: un colector solar plano, donde se captura la energía del Sol y se transfiere al agua; un termotanque, donde se almacena el agua caliente; y un sistema de tuberías.

La vivienda analizada cuenta con un colector solar térmico para calentamiento de agua que es usada en la ducha, para lo cual se recolecta el agua lluvia que se recoge en los canales de la cubierta de la edificación, la cual una vez que ha sido filtrada se conduce mediante un sistema de tuberías hacia el colector solar (ver Gráfico N°26 y 27). El agua caliente es almacenada en un termotanque, el cual se encuentra forrado con un aislante térmico (poliuretano rígido) para evitar pérdidas de calor.

El colector solar se encuentra orientado hacia el Norte, ya que de esta manera queda expuesto a la radiación solar. Este elemento “debe colocarse con cierto grado de inclinación, lo que permite aprovechar eficientemente la radiación. No obstante, la inclinación a la que se debe colocar el colector depende de la localización de la ciudad donde se pretenda instalar”<sup>19</sup>, se recomienda que este ángulo sea igual a la latitud del lugar. En esta vivienda que se encuentra

<sup>19</sup> Calentadores Solares, *Greenpeace-México: Campaña de Energía y Cambio Climático*, pág. 7

# I CAPÍTULO

# ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

en la latitud 37° Sur, el ángulo de inclinación del colector solar es de 30°.

Adicionalmente la vivienda cuenta con un colector de agua lluvia, la cual es usada directamente en el inodoro (ver Gráfico N°26 y 27).

## 1.4.6.- Conclusión

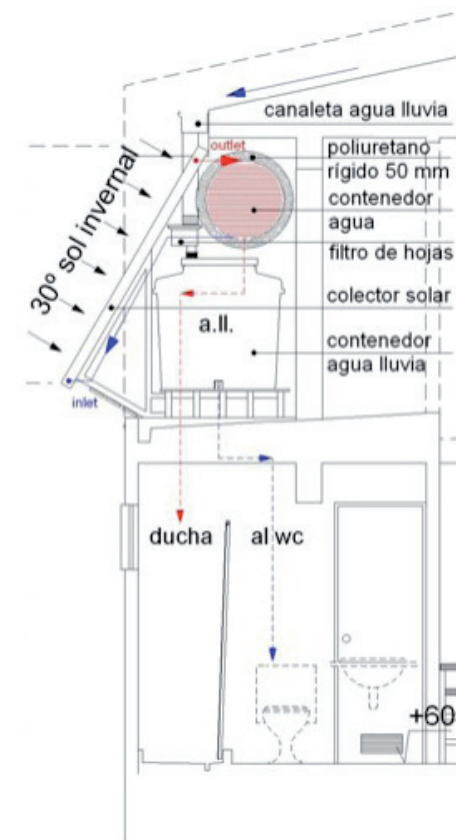
Las edificaciones producen dos tipos principales de impacto ambiental: el primero se debe por el uso a lo largo de su vida útil y el segundo por su construcción, de los cuales el primero es el más significativo pues comprende energía de climatización, alumbrado, consumo y desechos de aguas, etc., en un tiempo mucho mayor que en la etapa de construcción donde el impacto comprende principalmente a la producción, transporte, desechos, etc., de los materiales de construcción. Esta diferencia entre ambos ha ocasionado que la mayoría de los estudios se centren en los aspectos de uso, de mantenerse así, podría llegar un momento en que el segundo componente sea relativamente mayor al primero. Es por esta razón que la vivienda analizada no solo ha considera el gasto ener-

Gráfico N° 26.- Ubicación y componentes del colector solar térmico



Fuente: Documento de viviendas sustentables

Gráfico N° 27.- Ángulo de inclinación y componentes del colector solar térmico



Fuente: Documento de viviendas sustentables



## I CAPÍTULO

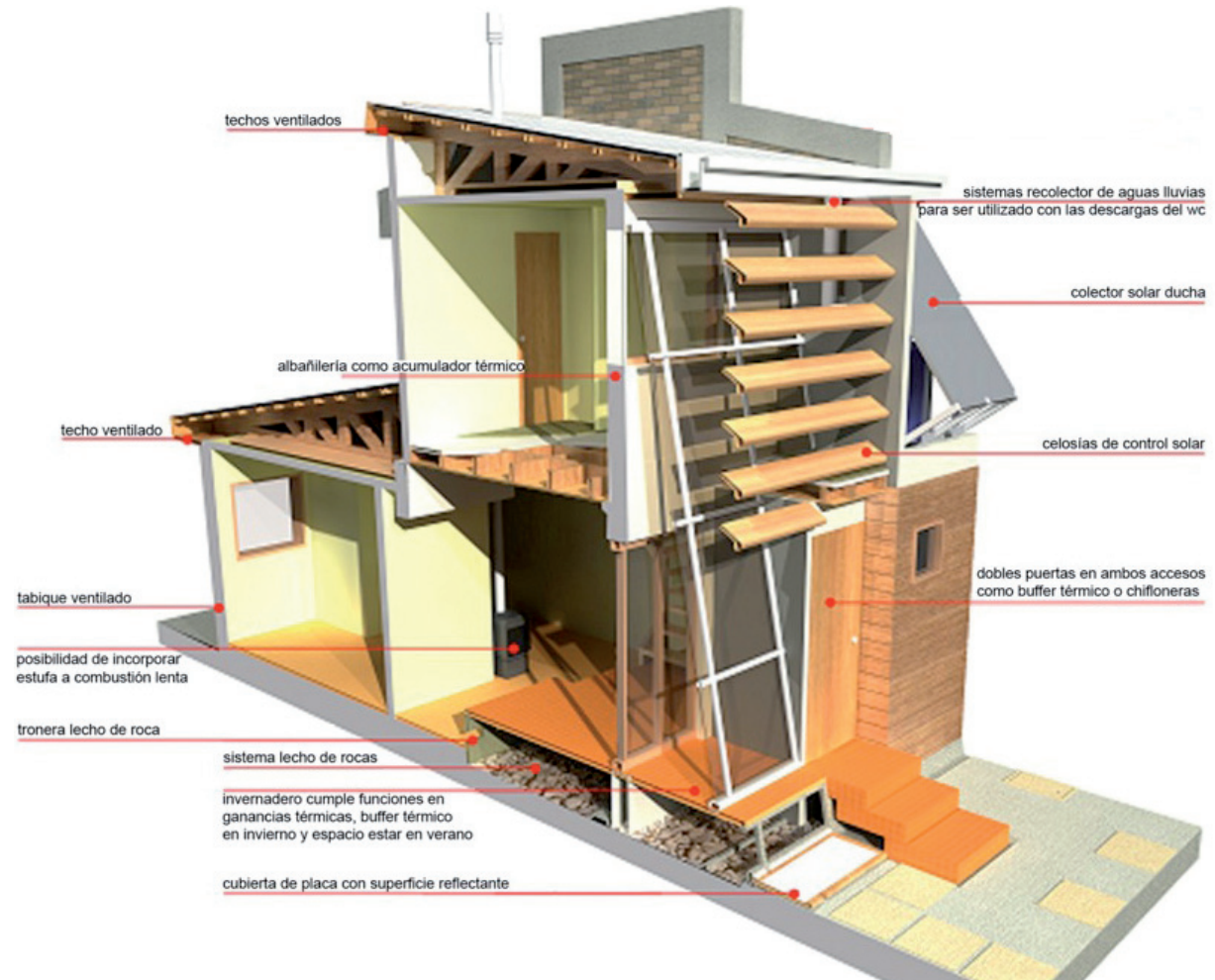
## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

51

gético que produciría ésta a lo largo de su uso, sino que su diseño ha considerado ambos aspectos, permitiendo una vivienda de menor impacto ambiental. Por otra parte el impacto por emisiones de CO<sub>2</sub> se debe a la cantidad de energía incorporada al material más no a las propiedades del material mismo, es por ello que los materiales metálicos en cantidades pequeñas de peso presentan valores elevados de energía incorporada frente a los materiales pétreos, los cuales en grandes cantidades de peso sus valores son menores. Es por ello que para esta vivienda el metal utilizado es mínimo encontrándose únicamente en los goterones y en el hierro de la estructura de hormigón.

De igual manera a través de los diferentes mecanismos de calefacción pasiva y estrategias para conseguir un confort climático, las cuales se resumen en los Gráficos N°28 y 29, se busca reducir al máximo las demandas de energía convencional, haciendo uso de energías alternativas como la solar.

Gráfico N° 28.- Combinación de sistemas de calentamiento pasivo.

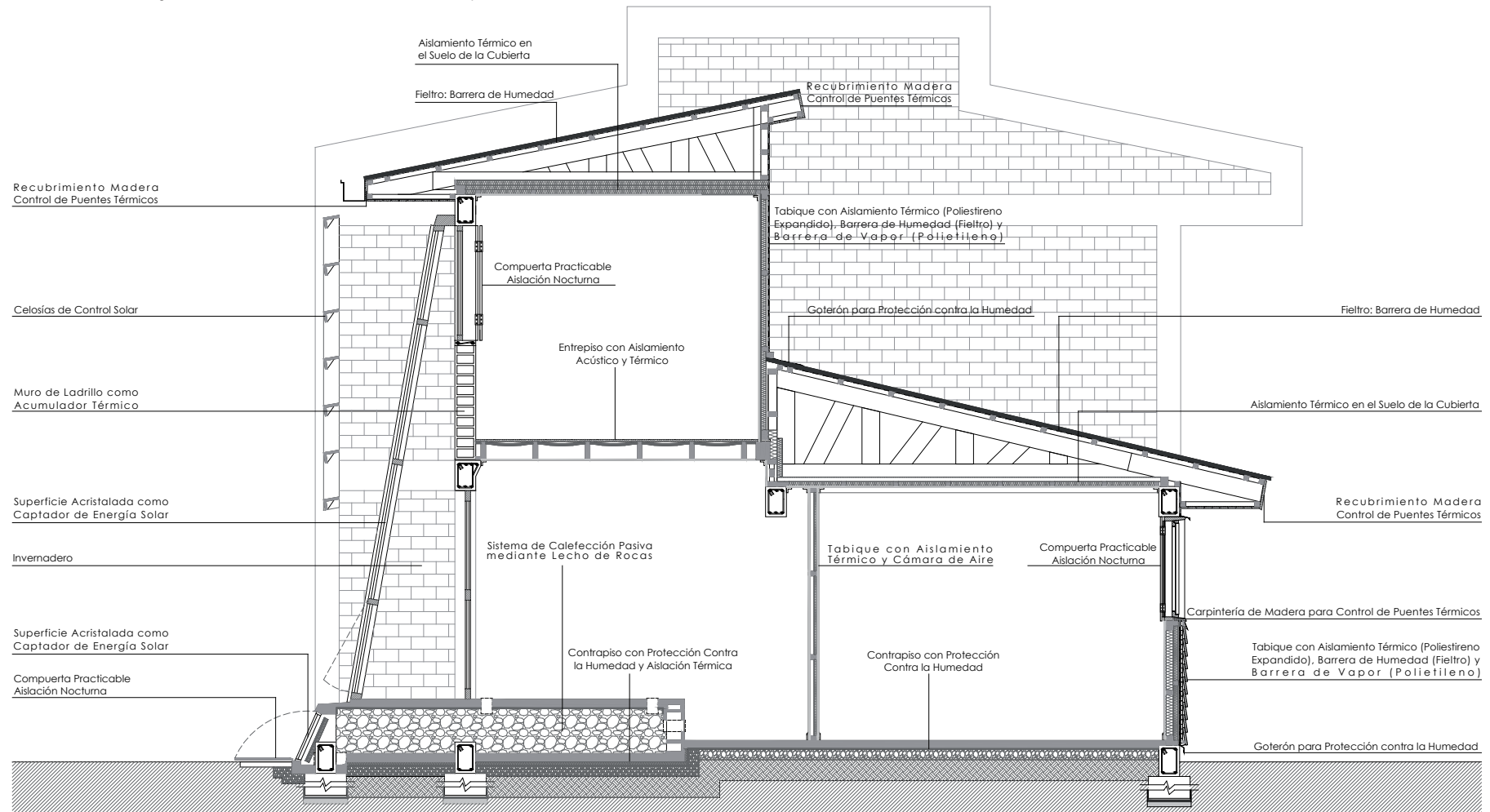


Elaboración: Grupo de Tesis.

## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EJEMPLAR

Gráfico N° 29.- Sección longitudinal: Combinación de sistemas de calentamiento pasivo.



Elaboración: Grupo de Tesis.

## 1.5.- Estudio del Software para la Validación del Proyecto Bioclimático

### 1.5.1.- Software Ecotect

Autodesk Ecotect es un programa de análisis sobre el funcionamiento energético y bioclimático de un edificio, que cubre una amplia gama de simulaciones y funciones de análisis requeridas para entender realmente cómo un diseño del edificio actúa y se puede optimizar. Es una herramienta muy útil pues permite realizar un completo diseño y análisis de una edificación en relación a parámetros térmicos, lumínicos, acústicos, flujo de ventilación y aire, etc., de manera que el proyectista pueda probar, evaluar y responder a una variedad de estrategias de diseño. El programa se basa en el concepto de que los principios de un diseño medioambiental son más efectivos si se toman en cuenta desde las primeras etapas del diseño.

Para la mayoría de los análisis, sobre todo térmicos se requieren conocer los datos climáticos del lugar donde se emplazará la edificación, ya que el análisis de los modelos utiliza las variables del clima local para estudio de asoleamiento y comportamiento térmico, así como también es importante contar con datos sobre los materiales que se emplearán. Además para algunos análisis es

fundamental establecer la orientación y la ubicación del modelo, para lo cual se requieren los valores de la latitud, longitud y zona horaria.

Este software trabaja con gráficos en dos y tres dimensiones y es compatible con otros programas como 3dmax, Autocad, Sketchup, etc. Entre los múltiples análisis que se pueden realizar con este programa se encuentran los siguientes:

#### 1.5.1.1.- Análisis Térmico

En cuanto al comportamiento térmico es posible analizar las ganancias internas, infiltraciones, etc. Este programa genera diferentes formas de representar los datos térmicos, teniendo todos su aplicación y siendo útiles de alguna manera, como por ejemplo es posible representar en una gráfica la temperatura interna de la vivienda en diferentes zonas y con el fin de mostrar la influencia de los factores climáticos, también se muestran la temperatura exterior del aire, la radiación solar y la velocidad del viento, todas estas se desprenden del archivo de datos meteorológicos del lugar previamente cargados al programa. Además de los gráficos de temperatura

por horas, es posible determinar las estadísticas de temperatura tomadas durante todo el año. Estos datos muestran el número de horas en que cada espacio contó con una cierta temperatura durante todo el año. El objetivo de esta gráfica es mostrar el alcance y la frecuencia de las temperaturas experimentadas, tanto dentro como fuera del edificio. Igualmente en las diferentes gráficas que se generen se puede representar la zona de confort para así determinar si las temperaturas al interior de la vivienda se encuentran dentro de ésta e identificar los períodos de malestar térmico.

Así mismo mientras que las temperaturas son útiles, a menudo es necesario poder localizar exactamente por qué se produjo un cambio en las condiciones térmicas, ya que este será el resultado del balance entre las ganancias y las pérdidas de calor. Esto es posible representarlo en una gráfica que muestra el tiempo y el flujo de energía, diferenciando las ganancias a través de conducción y radiación.

Con respecto a la radiación solar, permite visualizar su incidencia en ventanas, superficies en cualquier época del año. Además al ser factible conocer la posición



## I CAPÍTULO

## ESTUDIO DEL SOFTWARE DE VALIDACIÓN

solar con respecto al modelo para cualquier localización, día u hora, se puede conocer como se vería afectada la edificación en cuanto a sombras y reflexiones. En cuanto a las formas de visualización, a través de desplegar el diagrama del recorrido del sol, se puede observar la variación de las sombras de acuerdo a cada hora del día. También existe la opción para visualizar las sombras para un rango de tiempo, por ejemplo durante toda la mañana, en un día específico. Esto se conoce como diagrama de mariposa. Para los análisis de sombras se toman en cuenta algunas propiedades de los materiales como los efectos de refracción del vidrio también, para lo cual en el cuadro de propiedades de los materiales, viene dado el índice de refracción para cada tipo de vidrio. Esto simplemente significa que la transparencia del vidrio varía con el ángulo de incidencia de la luz solar que pasa a través de él. Además de la proyección de sombras, también se puede visualizar como inciden los rayos solares en un objeto o superficie, para cada día y fecha.

También se puede evaluar los diferentes componentes de la envolvente para de-

finir la mejor combinación de materiales para un destino de uso y clima específicos.

### 1.5.1.2.- Análisis Lumínico

También en relación a la luz natural se pueden hacer cálculos sobre los niveles de iluminación natural en cualquier punto del modelo, en términos de factor de luz diurna, que consiste en una relación entre la iluminancia luz del día en un punto determinado dentro de un recinto para la iluminación simultánea sin obstáculos al aire libre, expresada en porcentaje. Así, una visión despejada del cielo da lugar a un factor de luz natural al 100%.

Para este análisis el programa emplea diferentes métodos que varían en su complejidad, precisión, tiempo de cálculo y aplicación. Para adaptarse a diferentes situaciones y necesidades, ECOTECT implementa una serie de estos métodos:

- **El factor de luz diurna media:** Una zona rápida y simple método de promedio que tiene en cuenta sólo las ventanas, el sombreado y reflectancia de la superficie interna. En cuanto a desplegar reflexiones de alguna superficie esta estará en función

de la specularidad y la transparencia del material. La specularidad mide la capacidad de reflexión de una superficie (si es igual a 1 significa que el material es un espejo perfecto). De igual manera cuando la luz incide sobre la superficie de un objeto, una parte de ella puede ser transmitida, otra absorbida y el resto reflejada. Así, la transparencia de un material afectará la cantidad de luz reflejada.

- **El punto del cielo de superposiciones:** Un sistema de cielo subdivisión que se puede utilizar para estimar visualmente la luz del día, simplemente contando los puntos visibles.

- **El método de Split-BRE-Flux:** Una técnica un poco más complejo, pero reconoce en general que se utiliza en las normas de construcción de todo el mundo y es un método reconocido internacionalmente pues es adecuado para la mayoría de análisis de diseño conceptual. Este método consiste en pulverizar una gran cantidad de imaginarios de rayos de luz desde cada punto de interés dentro del edificio, que se pueden propagar a lo largo de una parrilla de análisis o creadas de forma individual como objetos punto dentro del modelo.

### 1.5.1.3.- Análisis Acústico

Uno de los factores importantes con respecto a este tema es que mediante el software ECOTECT es posible conocer la relación directa entre la geometría de un espacio y su respuesta acústica, ya que permite rastrear las reflexiones en el tiempo real, para identificar en donde exactamente golpean, que constituye una parte crítica del proceso de diseño acústico.

Para analizar la incidencia de la reverberación en el espacio, se requiere la utilización de datos volumétricos y materiales, además de fijar los coeficientes de absorción acústica de los diferentes materiales del modelo. Si bien la reverberación no es la única medida acústica, es el principal valor cuantitativo utilizado.

Otro de los análisis que se puede realizar es con respecto a los rayos acústicos en un recinto cerrado, que es una parte importante del diseño geométrico en ambientes acústicos. Desplegar los rayos que se generan puede ser una manera valiosa de dar forma a las paredes y otras superficies de manera que permitan reflejar un sonido de manera óptima. Sin embargo este análisis resulta

más útil para el caso espacios que requieran condiciones acústicas especiales, como auditorios, teatros, entre otros. ECOTECT tiene diferentes formas de visualización de los rayos, ya sea de manera estática o a través de animaciones, además, puede optar por mostrar la información codificada en color o texto en la pantalla. Con el fin de visualizar el efecto de cada rayo, el programa utiliza diferentes colores, los mismos que muestran la manera como se distribuye el sonido en un espacio, diferenciando la intensidad del sonido directo, la energía útil del sonido que se ve afectada por el fenómeno de la reflexión, los rayos frontera que determinan el límite en el que un sonido se entiende con claridad, el eco y la reverberación.

En los análisis de acústica, el programa genera rayos de sonido que rebotan en todo el espacio de modelado perdiendo energía a través de la absorción del aire y la absorción de la superficie cuando los objetos se intersectan. Mediante el análisis de las trayectorias de los rayos de sonido, es fácil determinar qué áreas requieren de refuerzo (en forma de un reflector) y que requieren de amortiguamiento (en forma de absorción).



# I CAPÍTULO

# REVISIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

## 1.6.- Revisión Equipos de Medición

### 1.6.1.- Higrómetro y Termómetro

Para el análisis de la muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca, se empleará el Higrómetro Gann Modelo M 4050, que es un instrumento electrónico que permite realizar mediciones rápidas y precisas de la humedad de materiales de construcción y temperatura del ambiente en base a microprocesadores con almacenamiento de datos en memoria y posibilidad de conexión a PC o impresora. Para la medición de la humedad en materiales de construcción y de la temperatura ambiente, es necesaria la conexión del higrómetro a unos accesorios específicos para ello, que se trata de sensores con circuitos integrados y son los siguientes:

**- B 60 (ver Foto N° 1):** Para la localización de la distribución de la humedad en materiales de construcción así como para detección de la distribución de la humedad en paredes, techos y pavimentos. Este electrodo funciona con una profundidad de penetración de hasta 120 mm, según la densidad del material de construcción a prueba, permite la cuantificación de la humedad de 0 hasta 199 dígitos y del 0,3 hasta 6,5 % en contenido de humedad. Para realizar las mediciones del contenido

de humedad es necesario poner en contacto el material con la cabeza del electrodo, procurando en lo posible que el electrodo permanezca perpendicular a la superficie que está siendo medida. Después de la medición de los datos, existe la posibilidad de guardar las diferentes lecturas, e incluso el día y hora en que fueron tomadas. Este instrumento será utilizado en el análisis de una muestra de viviendas, con el propósito de obtener el contenido de humedad de los materiales predominantes en la envolvente de la edificación.

**- Sonda térmica flexible FT (ver Foto N° 2):** Consiste en un cable de teflón de 5mm de diámetro y es utilizada para la medición de la temperatura del aire en un rango de  $-20$  hasta  $+120^{\circ}\text{C}$ . Para la medición de la temperatura, una vez conectada la sonda al higrómetro se debe sostener el electrodo en el aire dentro de la locación que va a ser medida. En casos en que las temperaturas que vayan a ser registradas se estimen menores a  $10^{\circ}\text{C}$  o mayores a  $40^{\circ}\text{C}$  se debe exponer el electrodo al ambiente de la locación a medir por aproximadamente 10 o 15 minutos. Este instrumento será empleado para

Foto N° 1.- Higrómetro ( Humedad en materiales )



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 2.- Termómetro (Temperatura ambiente)



Fuente: Grupo de Tesis.

# I CAPÍTULO

## REVISIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

57

la obtención de la temperatura del aire en los diferentes ambientes interiores de las viviendas que serán analizadas.

### 1.6.2.- Higrómetro Analógico (ver Foto N° 3)

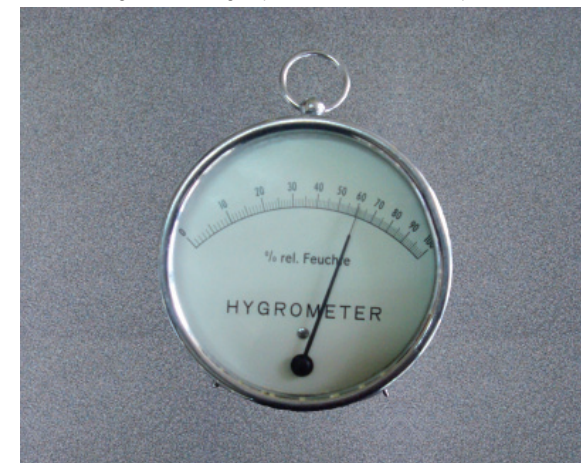
La humedad relativa es el porcentaje de la saturación del aire entre el 0 y el 100%, siendo la cantidad máxima de humedad que puede retener una cantidad dada de aire a una temperatura dada. El higrómetro analógico se utilizará para medir el porcentaje de humedad relativa del aire en cada uno de los espacios de la muestra de viviendas que serán analizadas.

### 1.6.3.- Sonómetro (ver Foto N° 4)

Para el análisis en relación al confort acústico de la muestra de viviendas, se empleará el Sonómetro Omega HHSL1, que es un instrumento utilizado para medir el nivel de ruido producido, es muy preciso entre una gama de 35 a 130 dB y una frecuencia de 31,5 a 8000 Hz. Está diseñado para una operación simple de la mano y puede colocarse en un trípode para mediciones a largo plazo. Para la utilización de este instrumento primeramente se debe seleccionar entre dos

opciones que son Low o Bajo (35-90dB) / High o Alto (75-130dB), esto es para establecer el nivel de presión sonora (NPS O SPL en inglés) o intensidad del sonido, dependiendo si es una localidad en donde el nivel de ruido es considerable o no. Posteriormente además permite seleccionar un tiempo de respuesta Lento (S) y Rápido (F), siendo lento para medir los niveles de sonido promedio en el tiempo mientras que rápido es para los picos o niveles de sonido más alto. Una vez realizado esto se debe establecer las frecuencias de ruido entre A y C, A permite medir frecuencias de sonido entre 500 Hz y 8000 Hz., mientras que C permite medir en un rango de 32 Hz a 8000 Hz, es decir A se utiliza para la medición del sonido en general y C para comprobar la frecuencia de bajo contenido de un ruido. La ponderación A corresponde a la forma en la que el oído humano responde a la intensidad de los sonidos, ya que filtran o ignoran los sonidos de baja frecuencia de la misma manera que lo hace el oído humano. Finalmente se determina el nivel de retención de ruido, en MAX se indica el nivel de ruido máximo. Es fundamental tener en cuenta que el micrófono se debe colocar lejos de las su-

Foto N° 3.- Higrómetro Analógico (Humedad relativa ambiente)



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 4.- Sonómetro (Presión sonora del ambiente)



Fuente: Grupo de Tesis.





## I CAPÍTULO

## REVISIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

perfiles reflectantes como paredes o el piso, (aproximadamente a una distancia de 1,3 o 1,5m) a fin de eliminar los errores debidos a las reflexiones, igualmente al hacer mediciones de sonido, se debe mantener el medidor con los brazos extendidos, lo cual ayudará a evitar tanto las reflexiones del cuerpo humano y también el bloqueo del sonido de algunas direcciones, pues es importante asegurarse de que nada obstruya la fuente de ruido.

En el análisis de la muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca, este instrumento nos permitirá conocer la presión sonora del ruido en dB para los diferentes espacios interiores, considerando un rango de frecuencia A que como se describió anteriormente corresponde al descriptor más común de los sonidos conocidos. Debido a que se pretende obtener los niveles de ruido promedio, el tiempo de respuesta que se requerirá ajustar en el sonómetro para la realización de las mediciones será Lento. De esta manera será factible conocer si en los diferentes recintos los niveles de ruido se encuentran dentro de los límites de confort acústico. De igual manera se realizará una medición de los niveles de ruido al exterior de la vivienda, con el objetivo de cono-

cer primeramente si este se encuentra dentro de los rangos establecidos en la normativa y también para analizar como este valor varía en relación a los datos obtenidos en el interior de la vivienda.

### 1.6.4.- Termómetro Infrarrojo (ver Foto N° 5)

Este instrumento se utilizará para las mediciones de una muestra de viviendas, empleando el modelo Omega OS425-LS a laser, el mismo que presenta las siguientes características:

- Rango de medición  $-60$  a  $1000^{\circ}\text{C}$ .
- Emisividad ajustable.
- 50:1 campo de visión.
- Precisión  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

En cuanto a la emisividad esta es una propiedad de los materiales que muestra la capacidad o eficiencia que tienen estos para emitir radiación comparada con un cuerpo negro y esta se mide a través de un coeficiente que corresponde a un número adimensional que varía entre 0 y 1, no hay unidad para expresarlo por lo que se lo representa en porcentaje. Normalmente los equipos para estas mediciones vienen calibrados por defecto a 0.95 ya que la mayoría de objetos coti-

dianos no reflectantes emite cerca de ese rango de emisividad. Sin embargo existen tablas según el material y el color si se requiere mayor precisión. Un cuerpo que tenga una emisividad de 1 es un emisor perfecto, sin embargo no hay cuerpos naturales que lleguen a este valor por lo que siempre se mantienen menores a 1. Para este estudio el dato de emisividad que se utilizará será de 0,90, ya que la mayoría de los materiales que predominan en las viviendas de la ciudad de Cuenca se aproximan a este valor (ver Tabla N°6). Por otro lado entre los datos que este instrumento muestra son las temperaturas máximas, mínimas y la diferencia entre éstas dos. Para este estudio se tomará los máximos valores. En relación al campo de visión del instrumento, éste puede medir  $1\text{m}^2$  a una distancia de 50m, lo cual facilitará realizar las mediciones en las cubiertas, siempre que sea posible.

El termómetro infrarrojo se utilizará para medir los materiales de la envolvente de las viviendas en todas sus fachadas incluyendo la cubierta. Para ello se hará una previa evaluación de los tres materiales predominantes de cada fachada, los datos tomados se los realizará desde el exterior de la vivienda y

# I CAPÍTULO

## REVISIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

59

del interior de esta para determinar las diferencias de temperaturas que presentan los materiales en la cara expuesta a la intemperie y la cara interna.

### 1.6.5.- Luxómetro (ver Foto N° 6)

El luxómetro es un instrumento que se utilizará para medir la cantidad de luz natural que ingresa a las viviendas que serán objeto de estudio. El rango de medición que se puede obtener está entre 0.01 lux a 20.00 klux. Si bien este instrumento permite obtener los valores máximos y mínimos de luz natural, para el caso de nuestro estudio el dato que se obtendrá será únicamente el máximo.

Para proceder a realizar las mediciones se dividirá el espacio en 4 cuadrantes y en el centro de cada uno de estos se tomará una medida, finalmente se realizará un promedio de estas y se obtendrá el dato promedio de luz natural que el espacio presenta. Al colocar el sensor es importante evitar las sombras y dejar las fuentes de ingreso de luz natural libres. Finalmente estos datos serán utilizados para ser comparados con los valores recomendados según normas internacionales para los espacios de la vivienda.

### 1.6.7.- Brújula

Este instrumento nos permitirá determinar la ubicación de las viviendas, es decir el ángulo de inclinación de la fachada principal con respecto al Norte. Este dato será útil para realizar los respectivos análisis en relación al soleamiento y la ventilación. Para la utilización de la brújula, en primer lugar con la aguja dirigida al Norte se identificará la orientación de la fachada y se tomará el ángulo que esta forma con respecto al Norte en sentido horario.

Foto N° 5.- Termómetro infrarrojo ( Temperatura radiante)



Fuente: Grupo de Tesis.

Tabla N° 6

MATERIAL	EMISIVIDAD
Cemento	0,96
Ladrillo Rojo	0,93 - 0,95
Hormigón	0,94
Mortero	0,89 - 0,91
Arena	0,90
Cerámica	0,90 - 0,94
Vidrio	0,92
Madera	0,90
Mármol	0,94
Plástico	0,85
Tierra	0,92 - 0,96
Pinturas	0,80 - 0,95

Elaboración: Grupo de Tesis.

Foto N° 6.- Luxómetro (Nivel de iluminación)



Fuente: Grupo de Tesis.

## CAPÍTULO

# 2

### INVESTIGACIÓN SOBRE EL CLIMA DE CUENCA Y COMPORTAMIENTO DE UNA MUESTRA DE VIVIENDAS



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

63

### Introducción

“La adecuación al medio físico de la arquitectura, el grado de habitabilidad de los espacios y el mejor aprovechamiento de la energía, no está sujeto a fórmulas universales, es un problema de diseño en el que deben tomarse en consideración las circunstancias particulares de cada caso. La alternativa para racionalizar el consumo y lograr los niveles de bienestar requeridos, lo constituye por lo tanto la arquitectura bioambiental, en general y el bioclimatismo en particular”<sup>1</sup>

La arquitectura bioclimática, entendida en términos conceptuales, se fundamenta en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, es por ello que antes de abordar cualquier diseño bioclimático es fundamental identificar el tipo de clima al que estará expuesta la edificación, así como las características del microclima de la zona y los modificadores del entorno, ya que estos tres aspectos determinan el contexto de diseño. A éste se le debe entender como aquello que no se puede modificar y a lo cual hay que adaptarse y protegerse, así como también aprovechar.

Es así que en este capítulo en primer lugar se hace un estudio general sobre el clima en el Ecuador para después profundizar sobre las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, abarcando los factores y elementos climáticos, así como también otros elementos ambientales, como la acústica, iluminación natural y calidad del aire.

La segunda parte de este capítulo corresponde al estudio de una muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca, para lo cual se ha considerado el tipo de edificación y sistema constructivo predominante en la ciudad, según lo establecido por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). El objetivo de esta investigación ha sido determinar las condiciones de dichas viviendas en relación al confort higrotérmico, acústico y lumínico, para lo cual se han registrado mediciones en campo de algunas variables climáticas.

En base a este análisis y al estudio de los factores y elementos climáticos, en la tercera parte de esta sección se establecen algunos criterios bioclimáticos para el diseño de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca, los mismos que se aplicarán en la propuesta de diseño de una vivienda bioclimática que se desarrolla en el tercer capítulo.

<sup>1</sup>Arquitectura Bioclimática, *Beatriz Garzón*, pág. 16.



## 2.1.- Clima y Refugio

### 2.1.1.- Generalidades

“En general se puede llamar clima al conjunto de condiciones atmosféricas, limitadas a un área determinada y con una escala temporal suficientemente grande para que sea geográficamente representativa. En la definición de climatología, se ha introducido el concepto de conjunto, ya que el clima no depende de un único factor, sino de varios en común.”<sup>2</sup>

“Las diferentes condiciones físicas que caracterizan cada uno de los estados de la atmósfera se denominan elementos climáticos, estos siempre están presentes en el clima de cualquier parte del planeta, es decir, el clima de un punto de la Tierra siempre estará determinado por todos ellos. Estos tienen la particularidad de variar en el tiempo y el espacio debido a una serie de factores, como pueden ser el relieve, la altitud y la latitud.”<sup>3</sup> De este modo se puede decir que los elementos determinan el clima, mientras que los factores lo modifican. Es así que el análisis de los elementos y factores climáticos del lugar en donde se desarrollará la propuesta de diseño, nos proporcionará información de los recursos con los que se cuenta,

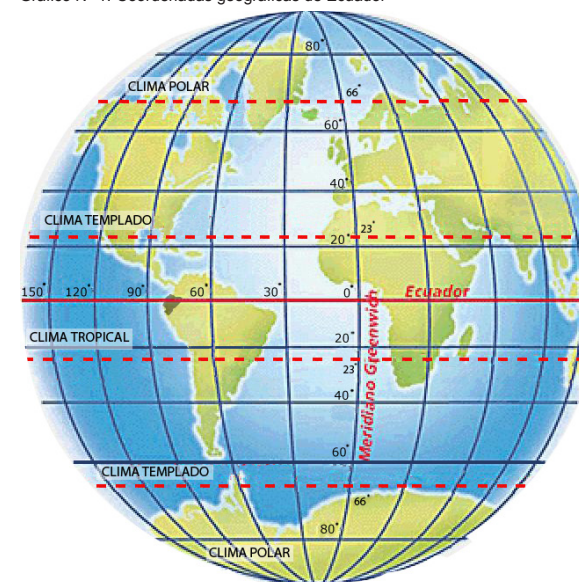
así como también los obstáculos que se deberán superar para lograr la confortabilidad de la vivienda en la ciudad de Cuenca con bajo consumo energético. Para ello primero es importante analizar las condiciones climáticas de las regiones del país, para entender la influencia que éstas tienen sobre la zona andina, principalmente en la ciudad de Cuenca.

#### 2.1.1.1.-Clima en el Ecuador

El Ecuador se encuentra ubicado entre los: 1° 28” de latitud Norte y 5° 01” de latitud Sur y desde los 75° 11” en la planicie Amazónica hasta los 81° 01” de longitud Oeste (ver Gráfico N°1) y se localiza en el centro de la zona tórrida (dividido en dos por la línea equinoccial). Se sitúa además al noroeste de América del Sur, limitando en uno de sus lados (Oeste) con el océano Pacífico.

Geográficamente su clima se encuentra determinado por que en ella atraviesa la Cordillera de los Andes, la ha ocasionado la generación de diferentes regiones climáticas y cambios considerables a cortas distancias. El estar ubicado “dentro del cinturón de bajas presiones atmosféricas donde

Gráfico N° 1.-Coordenadas geográficas de Ecuador



Fuente: [www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx](http://www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx)

se sitúa la zona de convergencia inter tropical (ZCIT), ciertas áreas del país reciben la influencia alternativa de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad. Se cuenta con climas tropicales y templados, regio-

<sup>2</sup> Meteorología Aplicada a la Navegación, F. Xavier Martínez de Osés, pág. 77.

<sup>3</sup> Manual de Geografía de Chile, Ana María Errazuriz - Pilar Cereceda, pág. 45



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

nes con características subtropicales, también se puede encontrar zonas desérticas, semi-desérticas, estepas frías y cálidas, etc.”<sup>4</sup> Además “el factor que más contribuye a modificar el clima en nuestro país es la altitud del suelo, si se considera que partiendo del nivel del mar la temperatura desciende un grado por cada 200 m de altura, nuestro clima tiene una fluctuación de aproximadamente 31 grados, ya que el nivel de sus tierras va desde 0 metros al nivel del mar, hasta 6310 metros que es la máxima altura de las cumbres del Chimborazo.”<sup>5</sup>

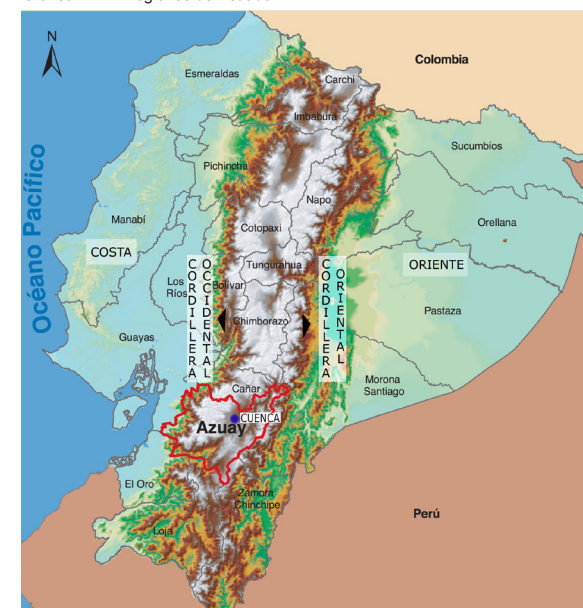
Dentro del Ecuador se distinguen fundamentalmente cuatro zonas que son: Costa (hacia el Oeste de país), Sierra (en la parte central), Oriente (hacia el Este) y Región Insular a 1000 km al Oeste del continente (ver Gráfico N°2).

En cuanto a la región Costa o Litoral está localizada al Oeste de la Cordillera de los Andes, junto a una cadena montañosa de poca altura (800 m) que se extiende de Norte a Sur y esta constituida por extensas planicies aluviales. Esta zona se caracteriza por las constantes precipitaciones en forma desigual en los distintos lugares, lo cual obedece al efecto

de las corrientes marinas de Humbolt que disminuyen la temperatura hasta la altura del Cabo Pasado que le corresponde por estar en la zona tórrida, así como también no permite el paso de los vientos cálidos y húmedos del Pacífico, haciendo que en estas zonas las precipitaciones sean escasas, en cambio la corriente cálida de El Niño influye en el clima de esta región desde el Norte hasta el Cabo Pasado, haciéndolo más cálido, aumentando grandemente el régimen de lluvias en este sector (ver Gráfico N°3). Al estar cerca del océano Pacífico, la Costa recibe su acción térmica modificadora del clima.

Con respecto a la Región Interandina, esta se encuentra ubicada entre el nudo de Pasto al Norte hasta el de Loja al Sur, ocupando una franja de 600 km de largo por 100 km a 120 km de ancho, la altura varía entre los 1200 y 6000 msnm. Esta Región, que ocupa el 27% de la superficie total, se encuentra limitada por la cordillera de los Andes, la cual se divide en dos sistemas paralelos: Cordillera Oriental y Occidental, separados por una llanura longitudinal que está dividida en varios valles por nudos transversales (ver Gráfico N°2). La altura de estas

Gráfico N° 2.- Regiones de Ecuador



Fuente: [www.biblioteca.digital.ilce.edu.mx](http://www.biblioteca.digital.ilce.edu.mx)

cordilleras impide la penetración de los vientos cálidos y húmedos del Occidente y del Oriente al interior de las hoyas. La Cordillera Occidental está constituida por un complejo volcánico sedimentario y al ser menos resistente que la otra explica

<sup>4</sup> [www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)

<sup>5</sup> [www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

por qué más hoyas desaguan sus ríos al Oeste, en tanto que la Cordillera Oriental, que es la más alta se desarrolla sobre facies metamórficas. Estas cordilleras se encuentran coronadas por estratos volcánicos con nieve permanente, algunos de los cuales se encuentran en actividad.

En esta región se diferencian dos tipos de masas de aire, siendo éstas las masas templadas caracterizadas por bajas temperaturas y un contenido irregular de humedad, que se sitúan en los valles interandinos y las masas de aire frío, las cuales se asientan en las mesetas andinas y en las cimas altas de las montañas, en donde las temperaturas son menores o iguales a 0 grados y la humedad depende de la influencia de las masas de aire que recibe. Además se tiene una influencia alterna de Masas de Aire tropical Marítimo que se originan en las extensiones oceánicas y se distingue por su alta temperatura y su gran contenido de humedad y de las Masas de aire Tropical Continental, originadas en las planicies del Litoral y del Oriente, caracterizadas por bajas temperaturas y contenidos de humedad que disminuyen o aumentan según su lugar de origen. “Desde inicios de septiembre la ZCIT

(que se encuentran en esta época del año sobre el Hemisferio Norte y en proceso de alcanzar el ecuador), después de rechazar los alisios del sudeste, (ver Gráfico N°4) moviliza hacia el continente las Masas de Aire Tropicales Marítimas. Estos alisios del nordeste dan inicio a la estación lluviosa. A fines de diciembre, la ZCIT que aún se encuentra en el Hemisferio Norte, detiene el movimiento anterior, y sin que haya mayor ingreso de aire marítimo húmedo, provoca una ligera recesión de la pluviometría que corresponde al llamado “Veranillo del Niño” de fines de diciembre-enero. Mientras tanto debido a las fuertes temperaturas, las masas de aire tropicales continentales de la llanura Amazónica siguen reforzándose; al verse empujadas luego hacia la cordillera, ingresan en parte al Callejón Interandino y dan lugar a un segundo pico lluvioso a partir de marzo.”<sup>6</sup>

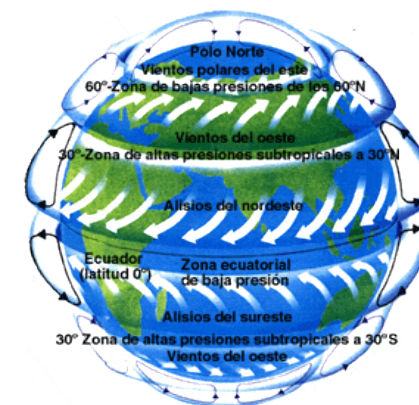
Es por esta razón que en las hoyas interandinas, existe una estación lluviosa con dos picos separados por una corta estación seca y al estar mejor abrigadas por recibir aire marítimo continental casi totalmente descargado de humedad y porque ahí prevalecen las masas de aire templado continental,

Gráfico N° 3.- Influencia de las corrientes marinas en Ecuador



Fuente: [www.hispanoteca.eu](http://www.hispanoteca.eu)

Gráfico N° 4.- Influencia de las masas de aire en Ecuador



Fuente: [www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)

<sup>6</sup> [www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

el clima es más estable y seco y el total de las precipitaciones es menor.

Finalmente la región Oriental o Amazónica se extiende sobre un área de bosques húmedos tropicales y limita al occidente con la cordillera de los Andes, cuyos flancos forman una zona densamente nublada, debido a que aquí se condensan grandes masas de vapor provenientes de la selva Amazónica, ya que es la zona en donde existe mayor vegetación al igual que en la Costa, por lo que se produce mayor evaporación del suelo y de las plantas, (evopotranspiración), lo que contribuye al aumento de las precipitaciones, modificando así el clima de dichas regiones.

### 2.1.1.2.- El Callejón Interandino

El Callejón Interandino es el resultado de la demarcación de los flancos internos de las dos cordilleras andinas, incluyendo sus nudos transversales. Esta parte central de la Sierra está ocupada por una serie de cuencas hidrográficas deprimidas conocidas con el nombre de hoyas, las cuales toman el nombre del río principal que las irriga o de la población más importante asentada en ellas y se encuentran separadas unas de otras por

elevaciones transversales o nudos cuyas alturas no superan los 3500 msnm. Estas depresiones son fosas de origen tectónico, rellenas con sedimentos detríticos y material de origen volcánico. Dichas hoyas pueden ser orientales u occidentales dependiendo a donde desagüen sus ríos, que puede ser hacia el océano Pacífico o hacia el río Amazonas y lo hacen a través de los valles o brechas. Este hecho constituye un fenómeno geográfico de gran importancia puesto que por estos valles o brechas penetra la influencia climática tanto de la Costa como del Oriente, determinando importantes modificaciones en los climas de las hoyas según sea su influencia.

### A) Clima del Callejón Interandino

Esta zona se caracteriza por poseer un clima templado, que es propio de las franjas altitudinales comprendidas entre los 1800 y 3000 msnm, sin embargo existen unas subdivisiones debido a las variaciones pluviométricas las cuales establecen tres tipos de subclimas que son: temperado húmedo, temperado semihúmedo y temperado seco.

El primero de éstos (*temperado húmedo*)

se localiza en las estribaciones externas de las cordilleras así como en el interior de las hoyas, en la cordillera occidental en la parte Norte y en la cordillera oriental a todo lo largo de ella, acentuadas en la parte Sur, específicamente en las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar y Tungurahua. “Su humedad relativa varía entre el 75 y 85%, la nubosidad fluctúa entre los 5/8 y 6/8 de cielo cubierto”<sup>7</sup> y su régimen pluviométrico oscila entre los 1000 y 2000 mm por año. En el período seco de este subclima, existen condiciones muy desventajosas con relación al clima, debido a las bajas temperaturas y mayores velocidades de los vientos, mientras que en el período húmedo las temperaturas son constantes y la velocidad del viento disminuye.

“Con respecto a la radiación solar directa, ésta es notable, obteniéndose elevados porcentajes de brillo de sol o heliofanía a pesar de las adversas circunstancias del cielo.”<sup>8</sup> Los vientos son moderadamente intensos

<sup>7</sup> Tesis Aplicación de Principios Bioclimáticos para el Diseño Urbano Arquitectónico, Carlos Chavez Rodríguez-Byron Pinos Abad, pág.8

<sup>8</sup> Idem, pág.47



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

pudiendo tener velocidades máximas de 3 a 4.1 m/seg, según la época. La dirección del viento es del lado de la Cordillera Occidental S-SE y de la Oriental S-SO, pudiendo variar según la topografía. Uno de los principales problemas detectados son los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, puesto que durante el día las intensas radiaciones solares producen sobrecalentamiento, mientras que en la noche las bajas temperaturas producen infracalentamiento.

En cuanto a la segunda subdivisión, es decir el clima *temperado semihúmedo*, ésta abarca a todo el callejón interandino, a excepción de algunos valles secos y de las zonas montañosas altas clasificadas como climas de altura, “siendo sus límites las estribaciones orientales y occidentales en las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Cañar, Chimborazo, Azuay y Loja”.<sup>9</sup> Su humedad relativa está entre el 75 y 85% y la nubosidad entre los 6/8 y 7/8 de cielo cubierto. Su régimen pluviométrico no sobrepasa los 1000 mm por año. Existen dos períodos definidos por el nivel pluviométrico: uno seco (agosto) y otro húmedo (marzo). Es en el período seco en donde se registran las más

bajas temperaturas y las mayores velocidades del viento. Por las noches la temperatura desciende a niveles muy bajos, pero en el día se presenta una cantidad elevada de radiación solar todo el año, pese a la gran nubosidad presente. El período húmedo es el más prolongado, dándose los índices más altos de temperatura y el viento alcanza velocidades moderadas. En definitiva este clima se caracteriza por tener temperaturas medias estables durante el año, siendo mayores las diferencias diarias, que se hacen más notorias por la noche. Los vientos presentan velocidades considerables en especial en épocas de bajas temperaturas.

En relación a la tercera subdivisión correspondiente al *temperado seco*, ésta se localiza en los valles interiores bajo y sobre la cota de 2000 msnm, como son los valles de Guallabamba, San Antonio, Latacunga, Ambato, Sibambe, Alausí, entre otros. Las precipitaciones están entre los 200 y 500 mm anuales, la humedad relativa fluctúa entre el 60 y 75% y su nubosidad está entre los 5/8 y 6/8. Las variaciones de temperatura se mantienen igual que en las dos clasificaciones anteriores, siendo la variación diaria

un poco mayor en este caso. El viento tiene una velocidad moderada con pequeños lapsos en que éste aumenta. En general este clima presenta características similares a los dos anteriores, pero con un índice menor de humedad relativa debido al bajo nivel de precipitaciones.

Por otra parte existe también el clima de altura, denominado también clima frío o de páramo y constituye las franjas altitudinales que están sobre los 3000 msnm, su régimen pluviométrico está entre los 1000 y 2000 mm por año.

En conclusión estos tres tipos distintos de subclimas, presentan pequeñas variaciones.

“En general las diferencias de temperatura, niveles de radiación, humedades relativas, etc., son similares para las tres zonas, las cuales pueden definirse como frías debido principalmente a la baja temperatura nocturna, los vientos son fríos y molestos y las humedades son elevadas por los altos niveles de precipitación.”<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Tesis Aplicación de Principios Bioclimáticos para el Diseño Urbano Arquitectónico, Carlos Chavez Rodríguez-Byron Pinos Abad, pág.8

<sup>10</sup> Idem, pág.51

### B) Influencias Climáticas en el Callejón Interandino

Como se explicó anteriormente, dependiendo del lugar en donde desaguan los sistemas hidrográficos de las hoyas, ya sea en el océano Pacífico o en el río Amazonas, se modifica el clima de las mismas, pues existe una influencia climática tanto de la Costa como del Oriente.

Entre las principales variables climáticas que se dan tenemos que:

Las hoyas de influencia occidental como la de Guallabamba en Quito o la del Choa en Ibarra, registran apreciables variaciones en humedad atmosférica a lo largo de todo un año siendo esta de un 15% en tanto que la temperatura varía solamente 0.3 grados. Mientras que en las hoyas de influencia oriental como la de Patate o la de Paute la humedad no varía en más de un 5% entre el mes más húmedo y el mes más seco, en contraposición la temperatura varía más ampliamente en 3 grados.

En conclusión se puede manifestar que “las hoyas en comunicación con la Costa son zonas con elevadas variaciones de humedad atmosférica y fi-

jeza térmica, mientras que las hoyas de influencia Oriental son zonas de mayores variaciones térmicas y estabilidad en la humedad atmosférica.”<sup>11</sup> Con respecto a la duración del brillo del Sol, en las hoyas con influencia de la Costa se da un aumento de Abril a Julio y en las hoyas que se comunican con el Oriente esto ocurre desde Julio a Octubre, mientras que en el resto del año disminuye en ambos casos.

En cuanto al régimen de lluvias, las hoyas de influencia costanera pertenecen a un clima temperado húmedo (mayores índices pluviométricos), mientras que las de influencia oriental están dentro de los climas temperado, semihúmedo y temperado seco (bajo régimen de lluvias).

.....  
<sup>11</sup> Tesis Aplicación de Principios Bioclimáticos para el Diseño Urbano Arquitectónico, Carlos Chavez Rodríguez-Byron Pinos Abad, pág.11



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

### 2.1.2.- Factores Climáticos de la Ciudad de Cuenca

“Los factores del clima son los agentes que influyen y/o modifican el comportamiento de cada uno de los elementos del clima y estos pueden o no estar presentes en la determinación del régimen climático de un lugar”<sup>12</sup> Para el caso de la ciudad de Cuenca se consideran importantes los siguientes factores:

#### 2.1.2.1- Latitud

Es la distancia angular desde cualquier punto sobre la superficie terrestre hasta el Ecuador y se mide en grados, minutos y segundos. Su análisis es importante porque determina los procesos térmicos como la incidencia solar y el movimiento de rotación de la tierra, que generan la aparición de sistemas de vientos variables y zonas de calma. La relación directa que existe entre la latitud y la trayectoria solar debe considerarse primordial para el asoleamiento de muros, ventanas y cubiertas, así como para la posible ubicación e inclinación de colectores solares, fotoceldas u otros elementos arquitectónicos.

“La latitud interviene decididamente sobre el régimen de los vientos a través de la ubicación que éstos tienen dentro

de la circulación general de la atmósfera. Se puede dividir cada hemisferio en tres grandes fajas latitudinales; desde el ecuador hasta los 30° se encuentra la zona de los vientos alisos del SE para el hemisferio Sur y del NE en el Norte, separados por una zona conocida como de las calmas ecuatoriales. Entre los 30 y 60° se ubica la zona de los vientos oestes, cuya continuidad se ve interrumpida por desplazamientos de ciclones extra tropicales. Desde los 60° hasta los polos se encuentra la zona de los vientos polares del Este, separados de los Oestes por la del frente polar.”<sup>13</sup>

Si bien generalmente estos vientos de gran escala son los que dominan, estos pueden ser alterados por los vientos locales o convectivos, que son los vientos de valle, de ladera y las brisas del mar.

Considerando la ciudad de Cuenca, ésta se encuentra en la provincia del Azuay y tiene una latitud de 2°53'12" Sur.

#### 2.1.2.2.- Longitud

La longitud proporciona la localización de un lugar en dirección Este – Oeste considerando el meridiano 0° (meridiano de

Greenwich) establecido como referencia y expresadas en medidas angulares hasta 180°E y 180°W. La ciudad de Cuenca presenta una longitud de 79°09' W.

#### 2.1.2.3.- Altura sobre el nivel del mar

Es la distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar, se mide en metros sobre el nivel medio del mar, y su importancia es que determina el clima de un lugar, pues en términos generales, se sabe que los valores de la temperatura se reducen en la medida que aumenta la altitud, no obstante, hay que recordar que éste actúa en conjunto con los otros factores climáticos.

En relación a la provincia del Azuay, dentro de ésta se pueden encontrar alturas que llegan hasta los 4524 msnm, sin embargo el 50% de su superficie corresponde a un rango de altitud que varía entre los 2500 a 3500 msnm, en donde la ciudad de Cuenca se halla a una altitud de 2530 msnm y las zo-

<sup>12</sup> Elementos de Climatología : Su Aplicación Didáctica a Costa Rica, *Álvaro Brenes-Victor Freddy Saborio*, pág.7

<sup>13</sup> Manual de Geografía de Chile, *Ana María Errazuriz - Pilar Cereceda*, pág. 48

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

71

nas aledañas al límite de la misma presentan alturas que oscilan entre los 2500 a 3000 msnm. (ver Gráfico N°5).

De igual manera los desniveles que existen en la provincia del Azuay se pueden constatar en el Gráfico N°6, es decir el corte AA', el cual está desarrollado en dirección noroeste a sureste, iniciando en el sector de Pancho Negro (0 msnm) y atraviesa la cordillera occidental en donde se ubica el Parque Nacional Cajas, que es también la zona de mayor altitud (4524 msnm).

### 2.1.2.4.- El Factor de Continentalidad

Se refiere a la situación de un lugar en función de la presencia o ausencia de masas de agua, es un elemento regulador del clima muy importante, ya que condiciona las variaciones de temperatura y humedad de la edificación. De hecho, las masas de agua actúan como reguladores térmicos, enfriando el ambiente en la noche y templándolo en el día, además provocan que el contenido de humedad de ese lugar sea en muchas ocasiones elevado. Además, influye en el movimiento de las masas de aire pues las grandes masas de agua tienen una gran capacidad de

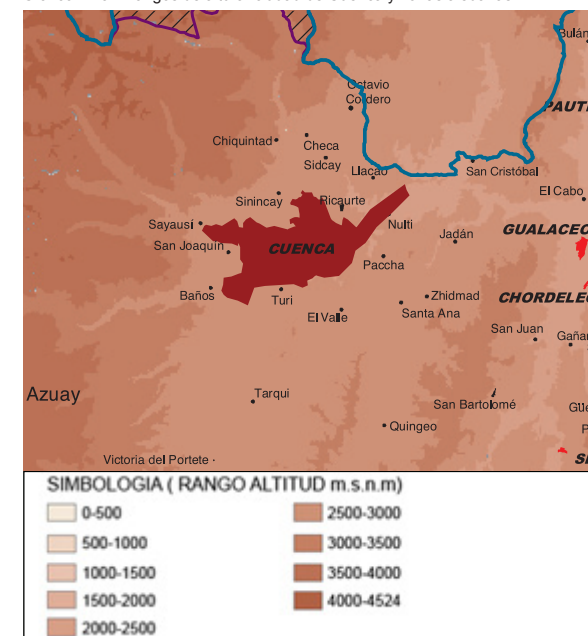
almacenamiento de energía, por lo que producen una serie de fenómenos climatológicos característicos como la brisa y la disminución de la oscilación térmica. Igualmente “el mar actúa como un gigante receptor de radiación solar gracias al valor elevado que tiene el calor específico del agua. Esto provoca que la oscilación térmica diaria del agua del mar se mantenga en un valor más o menos constante. A diferencia de lo anterior, la superficie terrestre se comporta a la inversa; es decir que la oscilación térmica no se mantiene constante, de día el suelo se calienta pero de noche se enfría.”<sup>14</sup>

En el caso de Cuenca, al encontrarse alejada del mar no se tiene influencia directa de éste, sin embargo la ciudad está atravesada por cuatro ríos, cuya influencia no tiene mayor incidencia en el clima general de Cuenca sino únicamente en las zonas cercanas a éstos.

### 2.1.2.5.- Orografía

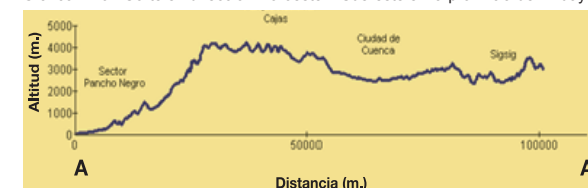
“Puede resultar un factor de gran relevancia por su incidencia en el clima de una región, bien por la presencia de montañas que generan obstrucción o por permitir la incidencia directa de los rayos

Gráfico N° 5.- Rangos de altura: ciudad de Cuenca y zonas aledañas



Fuente: Atlas de la Provincia del Azuay, IERSE-Universidad del Azuay, pág 24

Gráfico N° 6.- Corte en dirección Noroeste – Sureste en la provincia del Azuay



Fuente: Atlas de la Provincia del Azuay, IERSE-Universidad del Azuay, pág 25

<sup>14</sup> Meteorología Aplicada a la Navegación, F. Xavier Martínez de Osés, pág. 77.



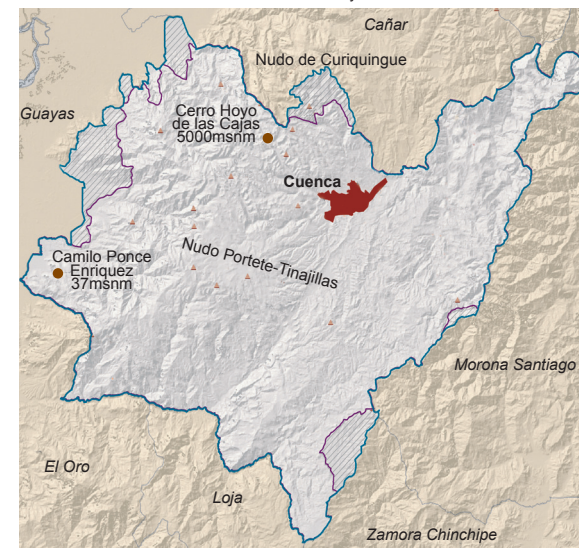
solares y del viento. Así mismo, modifica las características micro climáticas de un sitio con respecto al clima de la región donde se encuentra, si las diferencias orográficas son representativas.”<sup>15</sup> A gran escala, los accidentes del terreno crean barreras al movimiento de las masas de aire, éstas afectan las condiciones de humedad de los lados del barlovento y sotavento en las colinas y montañas. También afecta la temperatura en las diferentes alturas ya que esta disminuye con la altitud. Los accidentes del terreno controlan el flujo y la distribución de la temperatura del aire formando impedimentos y canales para el movimiento.

El relieve en la provincia del Azuay se caracteriza por la presencia de la cordillera de los Andes (conformada por la Occidental y la Oriental) que la atraviesa en dirección Noreste a Suroeste. “a su vez las dos cordilleras están unidas entre sí por cadenas montañosas que reciben el nombre de nudos, localizando el nudo de Curiquingue en el límite provincial entre Azuay y Cañar, y el nudo del Portete – Tinajillas por el sur.”<sup>16</sup> Estos nudos han dado lugar a la formación de hoyas que definen los sistemas hidrográficos como son las hoyas de Pau-

te, Jubones y Cañar. Y a su vez dentro de estas se han originado valles donde se asientan los poblados de Sigsig, Guala-CEO, Paute, Yunguilla, Girón y Cuenca. El punto más alto de la provincia se encuentra en el cerro Hoyo de las Cajas cerca a 5000 msnm y el más bajo se ubica en la ciudad de Ponce Enríquez con una altura de 37 msnm (ver Gráfico N°7)

Dentro del Azuay la orografía del territorio tiene mucha importancia en la determinación de los climas, ya que uno de los factores que provoca cambios es el relieve, por su disposición y su altitud. En relación a la ciudad de Cuenca, morfológicamente se pueden distinguir tres terrazas fluviales a diferentes niveles, que corresponden a tres etapas de levantamiento, la primera, que es la más antigua, corresponde a las lomas de Culca, la segunda, donde se halla el centro de la ciudad y se encuentra totalmente edificada. Veinte metros debajo de la segunda terraza, se halla la tercera, que corresponde a la zona por donde corren los ríos Tomebamba, Yanuncay y Tarqui, y es una planicie interrumpida por un cordón de colinas bajas, paralelas al río Yanuncay que se extiende desde la Virgen de Bronce hasta San Joaquín.

Gráfico N° 7.- Relieve de la Provincia del Azuay



Fuente: IERSE-Universidad del Azuay

#### 2.1.2.6.- Topografía

Este factor está íntimamente relacionado con la edificación, constituyendo un elemento clave en el diseño y en su reacondicionamiento debido a su influencia sobre las condiciones climáticas, ya que las características topográficas

<sup>15</sup> Tesis Doctoral: Reacondicionamiento Bioclimático de Viviendas de Segunda Residencia en Clima Mediterráneo, *Katia Simancas Yovane*, pág.34

<sup>16</sup> Atlas de la Provincia del Azuay, *IERSE-Universidad del Azuay*, pág.14





## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

región, debido a que existe una gran posibilidad de variación en una misma zona geográfica, con respecto a los materiales que componen el suelo, la vegetación, etc.

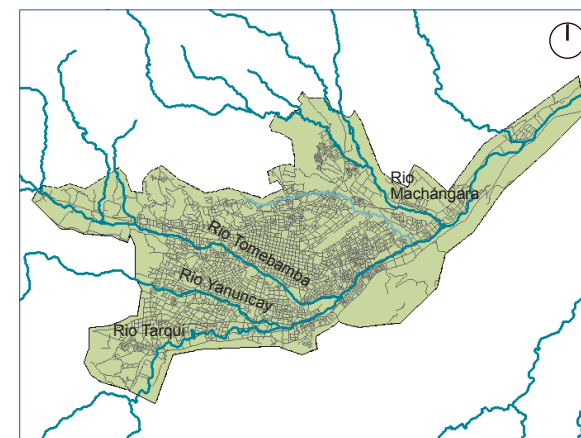
En el caso de la vegetación de un lugar, ésta es concebida como un factor biológico del clima, es decir que de acuerdo al tipo de plantas presentes en una región podemos determinar el tipo climático, ya que influye directamente en la temperatura y humedad, así como en la radiación solar que es recibida por la superficie terrestre y en el porcentaje de energía reflejada, además de ser considerada como una variable del lugar, puede ser utilizada como un medio para modificar las condiciones del lugar mejorando o empeorando las condiciones de las edificaciones.

En cuanto a la cobertura del suelo en la provincia del Azuay, el tipo que predomina son los páramos, con el 26,2% de la superficie, en donde el paisaje está dominado por vegetación herbácea, presentan también pequeños parches de bosques de polylepis (árbol de papel o quinoa). En el extremo sur de la provincia se puede encontrar una pequeña extensión de páramo arbustivo, en donde la presencia de arbustos es notoria. Con

un porcentaje importante (25,3%) también se encuentra el tipo de cobertura correspondiente a mosaicos de cultivos, que comprende todas las regiones rurales en donde existen pequeñas parcelas de varios tipos de cultivos como maíz, hortalizas, pastos, frutales, etc. El 19,7% del territorio de la provincia se encuentra cubierto con vegetación leñosa (bosques nativos maduros o con varios grados de alteración) y el 16,9% con pasto (vegetación herbácea destinada a la ganadería).

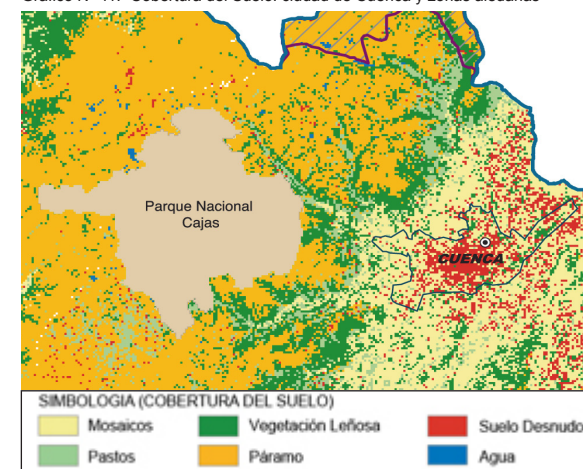
Para el caso de la ciudad de Cuenca, como se puede constatar en el Gráfico N°11, la mayor parte se encuentra dentro de la clasificación de suelo desnudo, que se refiere a zonas con escasa vegetación, pues se trata de un área urbanizada, aunque también existe un área considerable que corresponde a mosaicos de cultivos, especialmente en las zonas cercanas al límite de la ciudad. Es así que la ciudad de Cuenca, no cuenta con áreas de extensión significativas de vegetación, por lo que no se puede hablar de vegetación que modifique el clima del lugar, sin embargo hacia el Oeste de la provincia si se puede encontrar áreas de bosques grandes e incluso zonas de protección como el Parque Nacional El Cajas.

Gráfico N° 10.- Hidrografía ciudad de Cuenca



Fuente: IERSE-Universidad del Azuay

Gráfico N° 11.- Cobertura del Suelo: ciudad de Cuenca y zonas aledañas



Fuente: Atlas de la Provincia del Azuay, IERSE-Universidad del Azuay, pág. 28.

### 2.1.3.- Elementos Climáticos de la Ciudad de Cuenca

Los elementos de clima son aquellos fenómenos que se emplean para definir el clima característico de un lugar o una región de una superficie terrestre. “Para que tengan validez se requieren que sean datos normalizados, es decir, promedios en un mínimo de 20 años de registro.”<sup>17</sup> Básicamente son la temperatura, humedad, precipitaciones, vientos, nubosidad y radiación solar.

“El análisis de previo de estos elementos resulta fundamental para el diseño bioclimático, puesto que sirve para generar planteamientos capaces de resolver problemas de acondicionamiento ambiental de las viviendas o de otras edificaciones. Además permite establecer las características de la edificación en función de responder positivamente al medio ambiente y prever el posible comportamiento de la misma.”<sup>18</sup>

Es así que a continuación se realiza un análisis de los diferentes elementos climáticos de la ciudad de Cuenca, mediante el procesamiento de información obtenida en la Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca, correspondiente al período 1977-2009, con datos de valores promedios men-

suales para cada uno de los elementos y la Estación Meteorológica del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca (CEA) quienes cuentan con un registro de cinco años (2006-2010), en donde los datos son valores máximos, mínimos y promedio de los dos. Debido a que no se cuenta con el número de años mínimo se utilizarán dichos datos para una estimación de la amplitud térmica. Para el primer caso se ha considerado importante dividir en tres sub-períodos de estudio que son 1977-1987, 1988-1998 y 1999-2009, con el propósito de conocer las variaciones y/o constancias en el comportamiento de cada variable climatológica para cada uno de éstos.

#### 2.1.3.1.- Temperatura

La cualidad de la atmosfera que indica la cantidad de energía solar retenida por el aire en un momento dado se denomina temperatura y el termómetro es el instrumento fiable para medir ésta, es decir es el mayor o menor grado de calentamiento que puede tener un lugar y se expresa en grados centígrados. Se puede afirmar que las temperaturas dependen ante todo de la radiación solar, es por ello que durante el día las temperaturas son

más elevadas que en la noche, ya que en este último el sol permanece oculto. Hay que distinguir entre temperatura y sensación térmica, aunque el termómetro marque la misma temperatura, la sensación que percibimos depende de factores como la humedad del aire y la fuerza del viento. Por ejemplo se puede estar a 15 grados en manga corta en un lugar soleado y sin viento, sin embargo a esta misma temperatura a la sombra o con viento de 80km/h tenemos una sensación de frío intenso.

Con respecto a la provincia del Azuay, las menores temperaturas promedio anuales se presentan en la Cordillera de los Andes, mientras que las mayores se localizan en el límite con la región Costa. En la ciudad de Cuenca, como se puede observar en el Gráfico N° 12, en relación a la provincia se encuentra en un rango de temperaturas intermedio, las cuales varían entre 14 y 16 °C incrementándose hacia la zona Este, en donde pueden llegar hasta los 18°C.

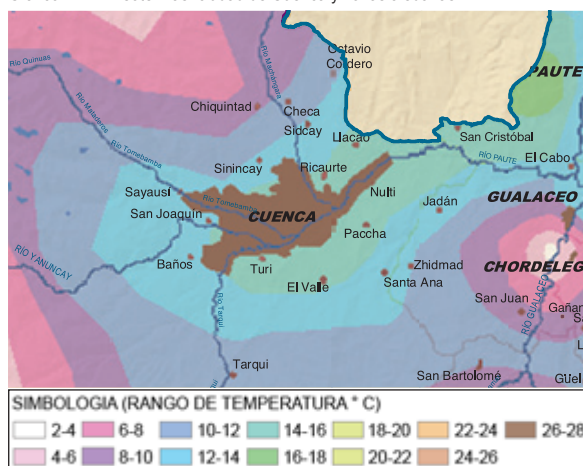
<sup>17</sup> Introducción a la Arquitectura Bioclimática, Manuel Rodríguez Viqueira, pág.17

<sup>18</sup> Tesis Doctoral: Reacondicionamiento Bioclimático de Viviendas de Segunda Residencia en Clima Mediterráneo, Katia Simancas Yovane, pág.35

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Gráfico N° 12.- Isotermas: ciudad de Cuenca y zonas aledañas



Fuente: Atlas de la Provincia del Azuay, IERSE-Universidad del Azuay, pág.22

Por otra parte, los análisis para el caso de Cuenca, con la información de la estación Meteorológica del Aeropuerto, con respecto a los tres períodos analizados, de manera general las menores temperaturas se encuentran entre los meses de Junio y Agosto, mientras que los más altos se registran entre los meses de Noviembre y Febrero.

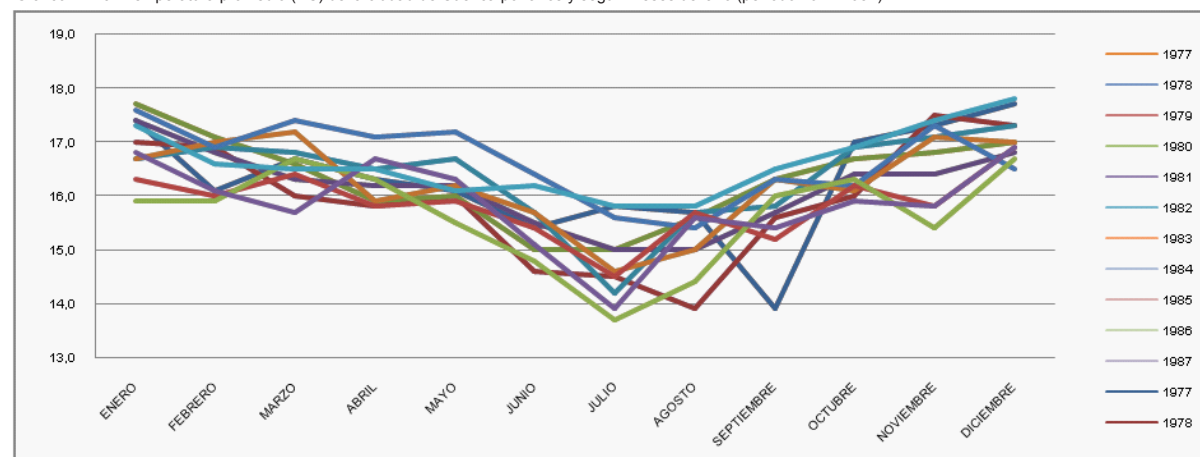
En el período comprendido entre 1977-1987, (ver Tabla N°1 y Gráfico N°13) la menor temperatura promedio registrada ha sido en el mes de Julio del año 1985,

Tabla N° 1.- Temperatura promedio (° C) de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).

Meses	Años	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Enero		17,4	17,0	17,7	17,4	16,7	16,7	17,6	16,3	15,9	16,8	17,3
Febrero		16,1	16,9	17,1	16,8	16,9	17,0	16,9	16,0	15,9	16,1	16,6
Marzo		16,7	16,0	16,6	16,3	16,8	17,2	17,4	16,4	16,7	15,7	16,5
Abril		16,3	15,8	15,9	16,2	16,5	15,9	17,1	15,8	16,3	16,7	16,5
Mayo		16,1	16,0	16,0	16,2	16,7	16,2	17,2	15,9	15,5	16,3	16,1
Junio		15,4	14,6	15,0	15,5	15,7	15,7	16,4	15,4	14,8	15,1	16,2
Julio		15,8	14,5	15,0	15,0	14,2	14,6	15,6	14,5	13,7	13,9	15,8
Agosto		15,7	13,9	15,6	15,0	15,7	15,0	15,4	15,7	14,4	15,6	15,8
Septiembre		13,9	15,6	16,3	15,7	15,8	16,3	16,3	15,2	16,0	15,4	16,5
Octubre		17,0	16,0	16,7	16,4	16,9	16,1	16,2	16,2	16,3	15,9	16,9
Noviembre		17,3	17,5	16,8	16,4	17,1	17,1	17,3	15,8	15,4	15,8	17,4
Diciembre		17,7	17,3	17,0	16,8	17,3	17,0	16,5	16,9	16,7	16,9	17,8
Promedio		16,28	15,93	16,31	16,14	16,36	16,23	16,66	15,84	15,63	15,85	16,62

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 13.- Temperatura promedio (° C) de la ciudad de Cuenca por años y según meses del año (período 1977-1987).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

siendo esta de 13,7°C y una máxima de 17,8°C en el mes de Diciembre del año 1987.

Para el siguiente período (1988-1998), como se puede constatar en la Tabla N°2 y Gráfico N°14, la mínima temperatura le corresponde al mes de Agosto del año 1994, con un valor de 13,9°C y la máxima al mes de Abril de 1998, siendo ésta igual a 18,4°C.

En el último período (1999-2009), de la misma manera el mes de Junio del 2007 se registró la mínima temperatura, siendo esta 14,3°C y la máxima temperatura le corresponde al mes de Diciembre del año 2009, con un valor de 18,9°C. (ver Tabla N°3 y Gráficos N°15 y 13).

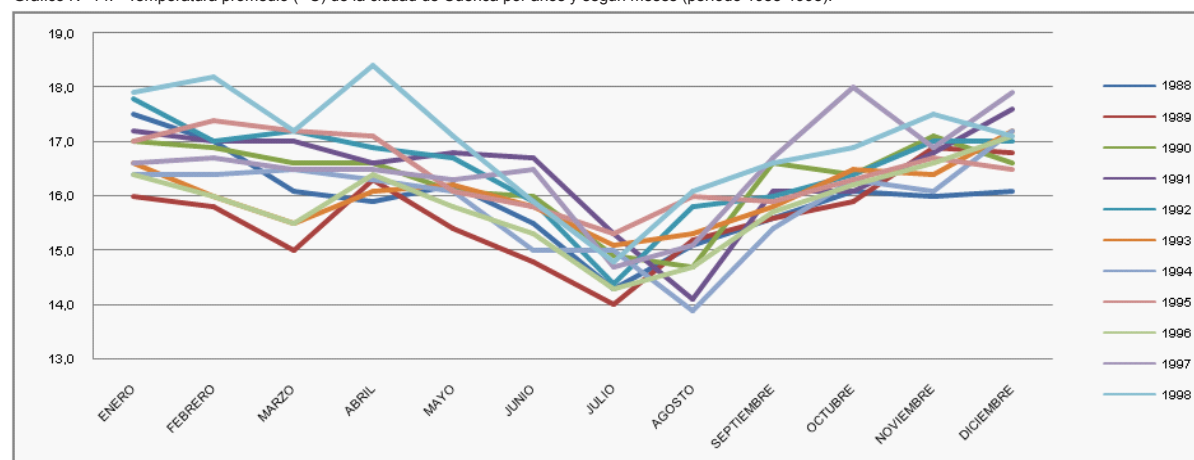
Como conclusión en un rango de 33 años, las menores temperaturas registradas, al igual que las mayores se han incrementado, considerando periodos de 11 años. Con estos análisis también se puede ver claramente que los meses que presentan con mayor frecuencia temperaturas bajas corresponde a Julio y Agosto, por el contrario la frecuencia de temperaturas altas se dan en los meses de Diciembre y Enero.

Tabla N° 2.- Temperatura promedio (° C) de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).

Meses	Años	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Enero		17,5	16,0	17,0	17,2	17,8	16,6	16,4	17,0	16,4	16,6	17,9
Febrero		17,0	15,8	16,9	17,0	17,0	16,0	16,4	17,4	16,0	16,7	18,2
Marzo		16,1	15,0	16,6	17,0	17,2	15,5	16,5	17,2	15,5	16,5	17,2
Abril		15,9	16,3	16,6	16,6	16,9	16,1	16,3	17,1	16,4	16,5	18,4
Mayo		16,2	15,4	16,1	16,8	16,7	16,2	16,1	16,1	15,8	16,3	17,1
Junio		15,5	14,8	16,0	16,7	15,9	15,8	15,0	15,8	15,3	16,5	15,9
Julio		14,3	14,0	14,9	15,3	14,4	15,1	15,0	15,3	14,3	14,7	14,8
Agosto		15,1	15,2	14,7	14,1	15,8	15,3	13,9	16,0	14,7	15,1	16,1
Septiembre		15,6	15,6	16,6	16,1	16,0	15,8	15,4	15,9	15,7	16,7	16,6
Octubre		16,1	15,9	16,4	16,1	16,4	16,5	16,3	16,3	16,2	18,0	16,9
Noviembre		16,0	16,9	17,1	16,8	17,0	16,4	16,1	16,7	16,6	16,9	17,5
Diciembre		16,1	16,8	16,6	17,6	17,0	17,2	17,2	16,5	17,1	17,9	17,1
Promedio		15,95	15,64	16,29	16,44	16,51	16,04	15,88	16,44	15,83	16,53	16,98

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 14.- Temperatura promedio (° C) de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Por otra parte la variación promedio de temperatura entre la mínima y máxima de cada año se encuentra aproximadamente entre los 2.7°C. Sin embargo se han encontrado variaciones de 1.8°C (año 2006) y 3.8°C (año 1977).

Considerando la temperatura promedio de estos 33 años, este se encuentra en 16.3°C.

Con respecto a la temperatura promedio anual la variación registrada al compararse cada uno de los años es baja, pues presenta un valor de 1.32°C entre el mínimo y máximo (1985 y 2009 respectivamente), durante el período comprendido entre 1977 al 2009 (ver Gráfico N°16).

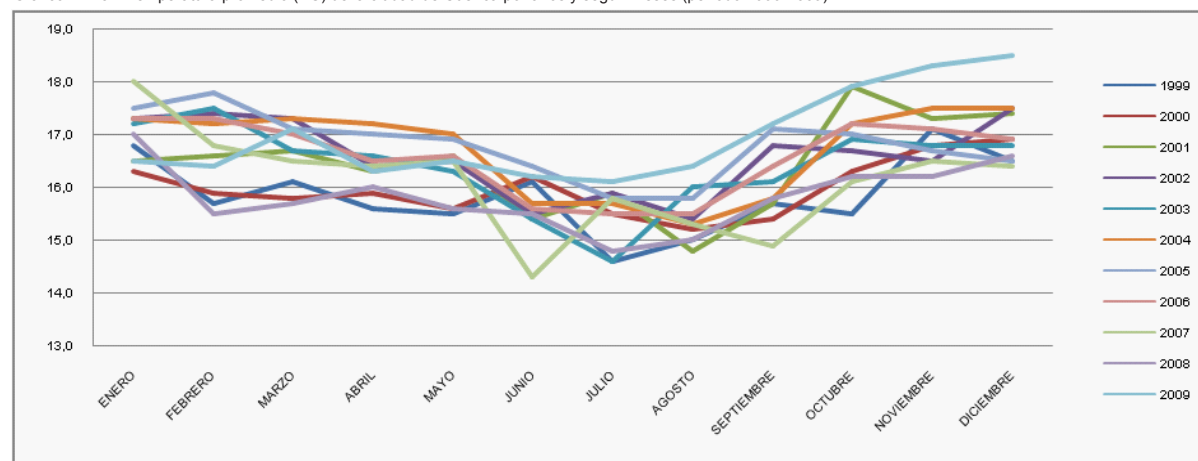
Después de realizar este análisis se puede considerar que los promedios generales de temperatura y en general de los elementos climatológicos no son suficientes para determinar el comportamiento diario del clima de la ciudad de Cuenca, ya que si bien se ha podido conocer que el valor de la temperatura promedio no varía mucho durante el año, esto si ocurre de manera importante durante el transcurso del día, lo cual influye en el confort térmico de las personas y en el comportamiento de las edificaciones.

Tabla N° 3.- Temperatura promedio (° C) de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).

Meses	Años	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Enero		16,8	16,3	16,5	17,3	17,2	17,3	17,5	17,3	18,0	17,0	16,5
Febrero		15,7	15,9	16,6	17,4	17,5	17,2	17,8	17,3	16,8	15,5	16,4
Marzo		16,1	15,8	16,7	17,3	16,7	17,3	17,1	17,0	16,5	15,7	17,1
Abril		15,6	15,9	16,3	16,4	16,6	17,2	17,0	16,5	16,4	16,0	16,3
Mayo		15,5	15,6	16,6	16,5	16,3	17,0	16,9	16,6	16,5	15,6	16,5
Junio		16,1	16,2	15,4	15,5	15,4	15,7	16,4	15,6	14,3	15,5	16,2
Julio		14,6	15,5	15,9	15,9	14,6	15,7	15,8	15,5	15,8	14,8	16,1
Agosto		15,0	15,2	14,8	15,4	16,0	15,3	15,8	15,5	15,3	15,0	16,4
Septiembre		15,7	15,4	15,7	16,8	16,1	15,8	17,1	16,4	14,9	15,8	17,2
Octubre		15,5	16,3	17,9	16,7	16,9	17,2	17,0	17,2	16,1	16,2	17,9
Noviembre		17,1	16,8	17,3	16,5	16,8	17,5	16,7	17,1	16,5	16,2	18,3
Diciembre		16,5	16,9	17,4	17,5	16,8	17,5	16,5	16,9	16,4	16,6	18,5
Promedio		15,85	15,98	16,43	16,60	16,41	16,73	16,80	16,58	16,13	15,83	16,95

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 15.- Temperatura promedio (° C) de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



## II CAPÍTULO

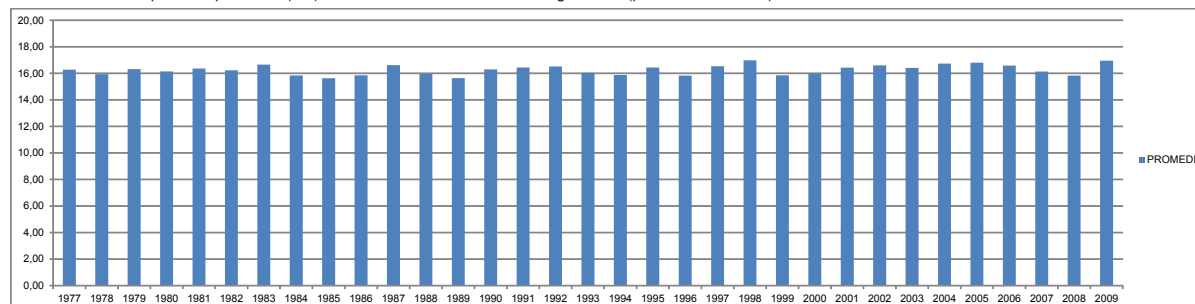
## CLIMA Y REFUGIO

Es por ello que se ha realizado un análisis de las temperaturas promedios mínimos y máximos mensuales, en el periodo comprendido entre el 2006-2010, para determinar la amplitud térmica promedio de cada uno de los meses del año.

De esta manera, en el año 2006 las máximas temperaturas promedio mensuales variaban desde los 18.7°C correspondiente al mes de Julio hasta los 22°C en el mes de Octubre. Mientras que las temperaturas mínimas oscilan entre 8.9°C en el mes de Agosto hasta los 12.3°C en el mes de Febrero. De este año se ha registrado una amplitud térmica máxima de 12.7°C en el mes de Agosto, mientras que las demás predominan entre 8°C y 9°C de variación. (Ver Tabla N°4 y Gráfico N°17 y 18).

En el año 2007 se puede determinar que las máximas temperaturas promedio mensuales se encuentran entre los 18°C y 21.3°C correspondientes a los meses de Septiembre y Febrero respectivamente. En cuanto a las temperaturas mínimas, éstas varían entre los rangos de 9.2°C y 13°C pertenecientes a los meses de Julio y Enero. La amplitud térmica máxima registrada

Gráfico N° 16.- Temperatura promedio (° C) anual de la ciudad de Cuenca según años (período 1977-2009)



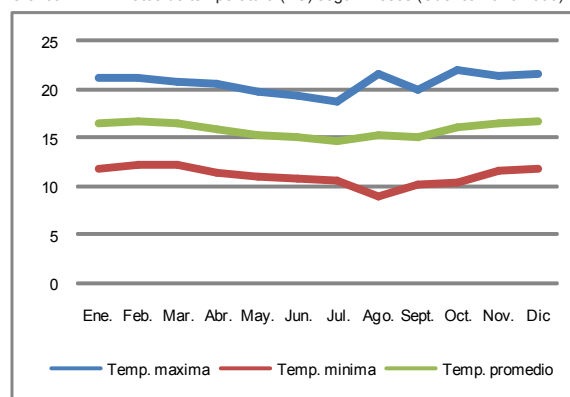
Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Tabla N° 4.- Datos de temperatura (° C) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2006)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temp. máxima	21,2	21,1	20,7	20,5	19,8	19,3	18,7	21,6	20	22	21,3	21,6
Temp. mínima	11,8	12,3	12,2	11,4	10,9	10,8	10,5	8,9	10,2	10,3	11,5	11,7
Temp. promedio	16,5	16,7	16,5	16,0	15,4	15,1	14,6	15,3	15,1	16,2	16,4	16,7
Amplitud térmica	9,4	8,8	8,5	9,1	8,9	8,5	8,2	12,7	9,8	11,7	9,8	9,9

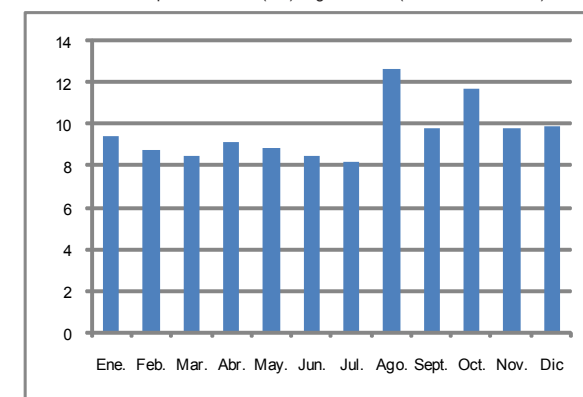
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 17.- Datos de temperatura (° C) según meses (Cuenca - año 2006)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 18.- Amplitud Térmica (° C) según meses (Cuenca - año 2006)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

es de 10.8°C en los meses de Julio y Octubre (ver Tabla N°5 Gráfico N°19 y 20).

Analizando el año 2008 se ha encontrado que las temperaturas máximas oscilan entre los 17.4°C y los 21.4°C correspondientes a los meses de Agosto y Diciembre respectivamente. Y los valores mínimos se encuentran entre el rango de 10.1°C y 12.3°C en los meses de Septiembre y Enero. En cuanto al valor de la amplitud térmica máxima registrada en este año es de 10.2°C en el mes de Diciembre (ver Tabla N°6 Gráfico N°21 y 22).

En relación al año 2009, el rango de la temperatura máxima está entre los 18.2°C y 22.8°C correspondientes a los meses de Agosto y Noviembre, las temperaturas mínimas se encuentran entre los 10.2°C y 12.5°C en los meses Septiembre y Diciembre. La amplitud térmica máxima de este año es de 12.4°C en el mes de Noviembre. (Ver Tabla N°7 Gráfico N°23 y 24).

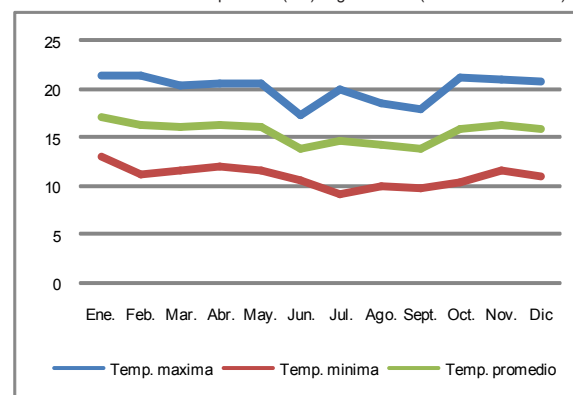
Finalmente en el año 2010 la temperatura máxima variaba entre 18.1°C en el mes de Junio y 21.8°C en los meses Febrero y Abril. En cuanto a las mínimas

Tabla N° 5.- Datos de temperatura (° C) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2007)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temp. máxima	21,3	21,3	20,4	20,5	20,6	17,2	20	18,5	18	21,2	21	20,8
Temp. mínima	13	11,1	11,6	11,9	11,5	10,5	9,2	10	9,8	10,4	11,6	10,9
Temp. promedio	17,2	16,2	16,0	16,2	16,1	13,9	14,6	14,3	13,9	15,8	16,3	15,9
Amplitud térmica	8,3	10,2	8,8	8,6	9,1	6,7	10,8	8,5	8,2	10,8	9,4	9,9

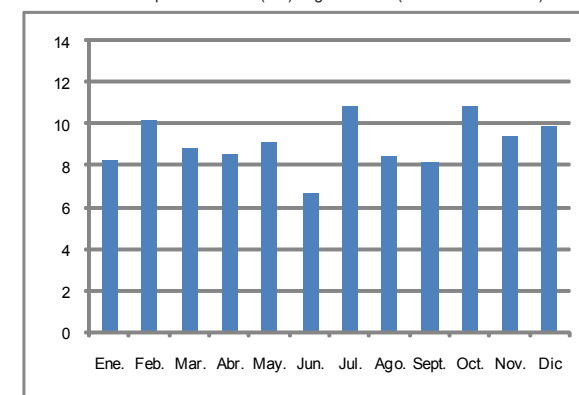
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 19.- Datos de temperatura (° C) según meses (Cuenca - año 2007)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 20.- Amplitud Térmica (° C) según meses (Cuenca - año 2007)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 6.- Datos de temperatura (° C) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2008)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temp. máxima	20,7	19,5	20	20,2	19	19,2	17,8	17,4	18,7	20,6	19,5	21,4
Temp. mínima	12,3	11,3	11,1	11,3	10,9	10,2	10,4	10,7	10,1	11,6	11	11,2
Temp. promedio	16,5	15,4	15,6	15,8	15,0	14,7	14,1	14,1	14,4	16,1	15,3	16,3
Amplitud térmica	8,4	8,2	8,9	8,9	8,1	9	7,4	6,7	8,6	9	8,5	10,2

Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

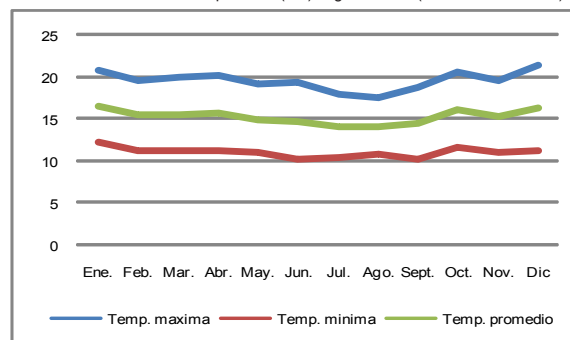
mas temperaturas, éstas se encuentran entre 9°C y 13.2°C pertenecientes a los meses de Agosto y Febrero. La amplitud térmica máxima registrada es de 11.1°C del mes de Octubre. (Ver Tabla N°8 Gráfico N°25 y 26).

Es importante recalcar que en este caso la gráfica de temperatura muestra mayor irregularidad en comparación con la de los años anteriores.

De manera general estos análisis de temperaturas máximas y mínimas, han permitido identificar que las mayores fluctuaciones diarias se dan principalmente en los últimos meses del año. Sin embargo se puede hablar de una amplitud térmica promedio de 9°C.

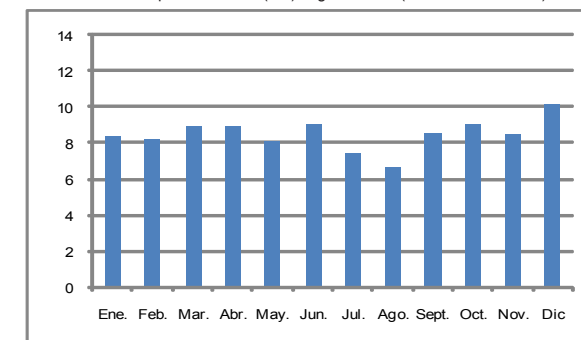
Por otra parte se ha considerado importante realizar un análisis del comportamiento de la temperatura durante el transcurso de un día para los meses de Marzo, Julio y Diciembre, ya que a partir del procesamiento y estudio de la información registrada en la base Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar, Marzo corresponde al punto en donde generalmente se inicia el período más frío del año (Junio a Agosto), es decir

Gráfico N° 21.- Datos de temperatura (° C) según meses (Cuenca - año 2008)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 22.- Amplitud Térmica (° C) según meses (Cuenca - año 2008)



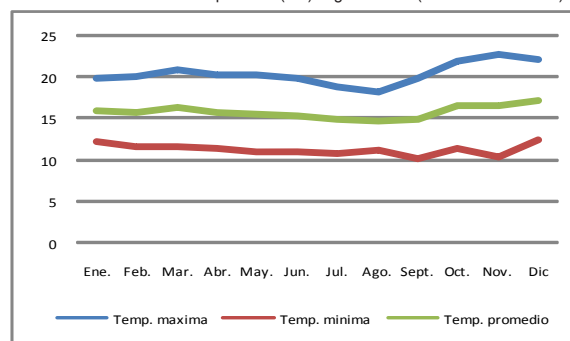
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 7.- Datos de temperatura (° C) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2009)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temp. máxima	19,9	20	21	20,3	20,2	19,9	18,9	<b>18,2</b>	19,9	21,9	<b>22,8</b>	22,1
Temp. mínima	12,2	11,7	11,7	11,5	11,1	11	10,9	11,3	<b>10,2</b>	11,5	10,4	<b>12,5</b>
Temp. promedio	16,1	15,9	16,4	15,9	15,7	15,5	14,9	14,8	15,1	16,7	16,6	17,3
Amplitud térmica	7,7	8,3	9,3	8,8	9,1	8,9	8	<b>6,9</b>	9,7	10,4	<b>12,4</b>	9,6

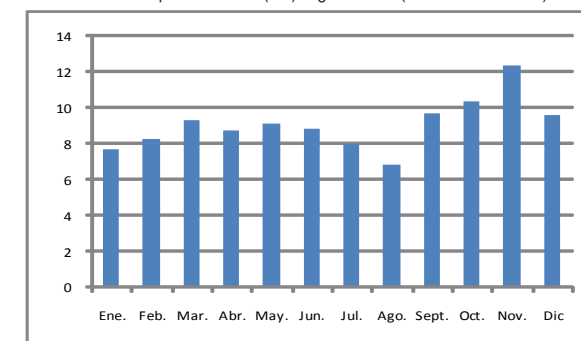
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 23.- Datos de temperatura (° C) según meses (Cuenca - año 2009)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 24.- Amplitud Térmica (° C) según meses (Cuenca - año 2009)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



comienza un descenso en la temperatura promedio, en tanto que en Julio se presentan las temperaturas más bajas. Debido a que no se cuenta con datos de temperatura por horas para el mes de Diciembre, que es cuando se registran las mayores temperaturas, se ha optado por analizar el mes de Noviembre, al cual le corresponden también valores elevados.

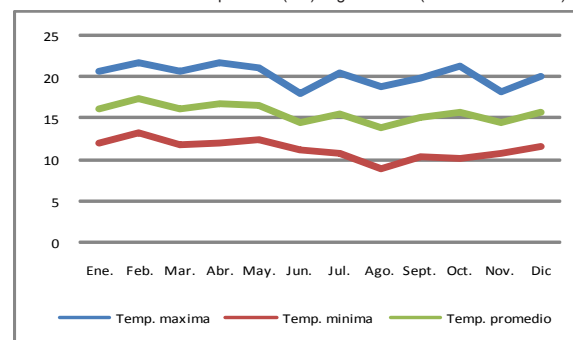
De esta manera, considerando el día 21 de cada mes, como se puede observar en el Gráfico N°27, es en Julio cuando se presentan tanto las mínimas como las máximas temperaturas, es decir existe la mayor oscilación diaria, ya que desde las 0:00 a 8:00 se cuenta con temperaturas inferiores a los 10°C, mientras que a partir de las 9:00 los valores ascienden hasta llegar a los 27°C a las 14:00 y a partir de este punto nuevamente descienden hasta contar con 13°C a las 23:00. Con respecto a los meses de Marzo y Noviembre, se puede establecer que los dos cuentan con temperaturas similares y aunque la fluctuación diarias es significativa no es tan extrema como en el mes de Julio, ya que el menor valor registrado es de aproximadamente 10°C y el máximo de 22,8°C.

Tabla N° 8.- Datos de temperatura (° C) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2010)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temp. máxima	20,7	21,8	20,7	21,8	21,1	18,1	20,5	18,9	19,9	21,4	18,3	20,1
Temp. mínima	11,9	13,2	11,8	12,1	12,3	11,1	10,9	9	10,4	10,3	10,9	11,6
Temp. promedio	16,3	17,5	16,3	17,0	16,7	14,6	15,7	14,0	15,2	15,9	14,6	15,9
Amplitud térmica	8,8	8,6	8,9	9,7	8,8	7	9,6	9,9	9,5	11,1	7,4	8,5

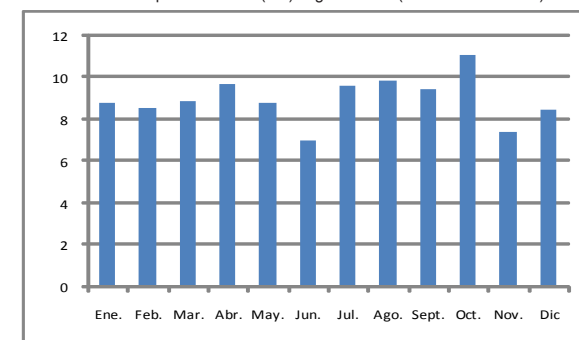
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 25.- Datos de temperatura (° C) según meses (Cuenca - año 2010)



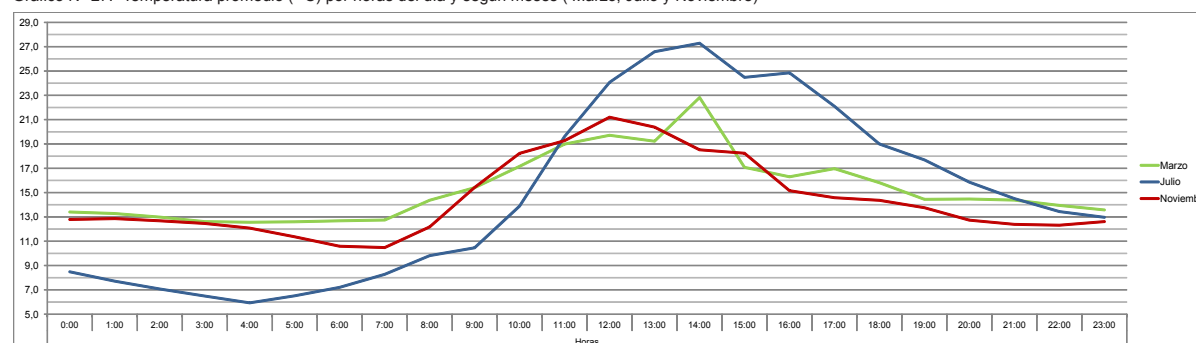
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 26.- Amplitud Térmica (° C) según meses (Cuenca - año 2010)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 27.- Temperatura promedio (° C) por horas del día y según meses (Marzo, Julio y Noviembre)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

### 2.1.3.2.- Humedad

Es otro elemento importante del clima, indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad relativa se expresa en porcentaje (%).

Su importancia se debe a la sensación térmica que puede generar “cuando al calor se le añade una alta humedad relativa, ya que la evaporación del sudor es el principal medio para disipar el calor corporal y la humedad ambiental alta complica ésta evaporación, por lo que se tiene sensación de más calor. A este concepto se le llama índice de calor. Por poner un ejemplo una temperatura de 30°C con 100% de humedad se percibe como 45°C.”<sup>19</sup>

En cuanto a la humedad relativa en la ciudad de Cuenca, los datos obtenidos de un periodo de 33 años, muestran que estos han presentado valores que van desde 53% al 77%. Para una mayor comprensión al igual que el análisis de la temperatura, se ha procedido a separar en tres periodos.

En el primer periodo comprendido de 1977 a 1987 se ha mantenido constante

que en el mes de Abril se registren los mayores porcentajes de humedad relativa a excepción de los últimos tres años, en donde Mayo y Junio son los meses de mayor humedad. Con respecto a los porcentajes bajos de humedad, no se registra una constancia en un mes determinado. (Ver Tabla N°9 y Gráfico N°28).

En el siguiente periodo que se extiende de 1988 a 1998, de igual manera Abril es el mes que presenta mayores porcentajes de humedad, sin embargo en cuatro años de este periodo las mayores humedades corresponden nuevamente a los meses de Mayo y Junio además de Octubre. En cuanto a los porcentajes más bajos se identifica una mayor tendencia en los meses a partir de Agosto. (Ver Tabla N°10 y Gráfico N°29).

Finalmente en el tercer periodo (1999 – 2009) se puede notar que a pesar que el mes de Abril sigue predominando, esto ya no se da con la regularidad de antes pues en la Tabla N°11 y Gráfico N°30 se puede constatar que únicamente en cuatro años el porcentaje de humedad más alto se registraba en este mes, en segundo lugar se encuentra el mes de Mayo con tres años en los que

se han presentado los mayores porcentajes, mientras que en el resto de años de este periodo los niveles más altos de humedad se reparten entre los meses de Junio, Julio, Septiembre y Diciembre. Los mínimos porcentajes de humedad de este periodo se dan indistintamente a partir del mes de Junio.

En conclusión se puede ver que los mayores valores de humedad relativa se dan en el mes de Abril de manera habitual en los primeros años analizados y se torna más irregular en los siguientes años. En cuanto a los mínimos valores, estos se presentan por lo general entre los últimos meses del año, siendo estos Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre.

Al compararse los promedios de los mayores y menores porcentajes de humedad por cada periodo de 11 años, se puede encontrar un leve incremento sobretodo en el último periodo, pues en cuanto a los mayores porcentajes los valores se encuentran entre los 59.3% y 71.82% y los menores porcentajes entre

<sup>19</sup> La Casa Económica, Susana G. Cifuentes Gonzalez, pág.95



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

58.18% y 59.1%. El promedio de humedad relativa de los 33 años es de 64.9%.

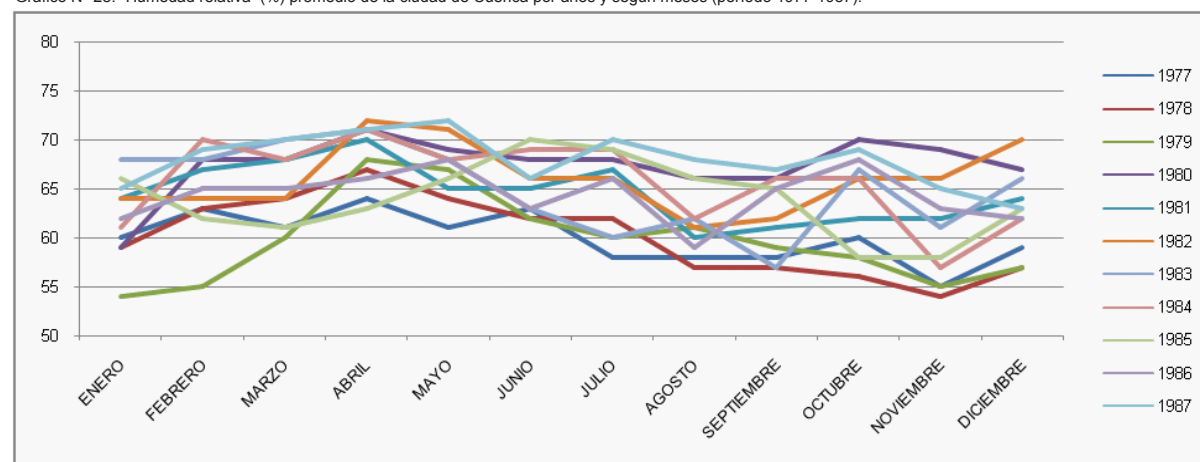
Por otro lado en las tres gráficas de humedad relativa correspondientes a los periodos analizados se identifica mayores porcentajes de humedad entre los meses de Febrero a Junio, que en relación con las gráficas de temperatura, coinciden con valores intermedios que van disminuyendo. Por el contrario los menores porcentajes de humedad coinciden con el incremento de la temperatura.

Tabla N° 9.- Humedad relativa (%) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).

AÑOS MESES	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
ENERO	60	59	54	59	64	64	68	61	66	62	65
FEBRERO	63	63	55	68	67	64	68	70	62	65	69
MARZO	61	64	60	68	68	64	70	68	61	65	70
ABRIL	64	67	68	71	70	72	71	71	63	66	71
MAYO	61	64	67	69	65	71	68	68	66	68	72
JUNIO	63	62	62	68	65	66	63	69	70	63	66
JULIO	58	62	60	68	67	66	60	69	69	66	70
AGOSTO	58	57	61	66	60	61	62	62	66	59	68
SEPTIEMBRE	58	57	59	66	61	62	57	66	65	65	67
OCTUBRE	60	56	58	70	62	66	67	66	58	68	69
NOVIEMBRE	55	54	55	69	62	66	61	57	58	63	65
DICIEMBRE	59	57	57	67	64	70	66	62	63	62	63
PROMEDIO	60	60	60	67	65	66	65	66	64	64	68

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 28.- Humedad relativa (%) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

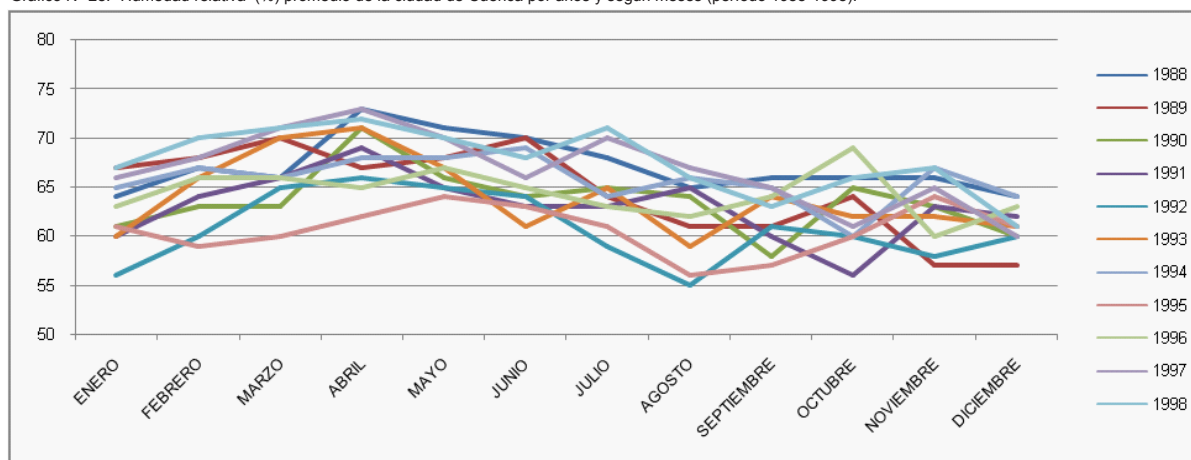
85

Tabla N° 10.- Humedad relativa promedio (%) de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).

AÑOS MESES	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ENERO	64	67	61	60	56	60	65	61	63	66	67
FEBRERO	67	68	63	64	60	66	67	59	66	68	70
MARZO	66	70	63	66	65	70	66	60	66	71	71
ABRIL	73	67	71	69	66	71	68	62	65	73	72
MAYO	71	68	66	65	65	67	68	64	67	70	70
JUNIO	70	70	64	63	64	61	69	63	65	66	68
JULIO	68	64	65	63	59	65	64	61	63	70	71
AGOSTO	65	61	64	65	55	59	66	56	62	67	66
SEPTIEMBRE	66	61	58	60	61	64	65	57	64	65	63
OCTUBRE	66	64	65	56	60	62	60	60	69	61	66
NOVIEMBRE	66	57	63	63	58	62	67	64	60	65	67
DICIEMBRE	64	57	60	62	60	61	64	61	63	60	61
PROMEDIO	67	65	64	63	61	64	66	61	64	67	68

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 28.- Humedad relativa (%) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Por otra parte al realizar un análisis de la humedad relativa media promedio por años, para el periodo comprendido entre 1977 y el 2009, como se puede observar en el Gráfico N° 31, durante los primeros tres años, los porcentajes de humedad relativa se han mantenido constantes y bajos, a partir de entonces estos valores han ido aumentado y volviéndose irregulares.

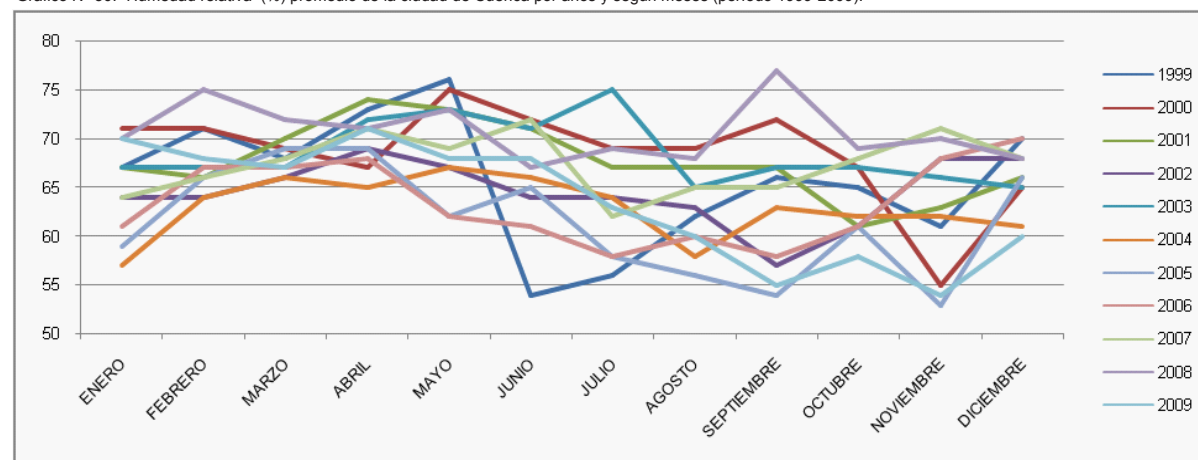
El mayor valor promedio de humedad relativa se registra en el año 2008 con un porcentaje promedio anual de 71%, mientras que en el 2009 éste bajó hasta el 64%. De manera general se puede concluir que la humedad relativa promedio se mantiene entre el 60 y 65% en la mayoría de los casos.

Tabla N° 11.- Humedad relativa (%) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).

MESES	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ENERO	67	71	67	64	67	57	59	61	64	70	70
FEBRERO	71	71	66	64	67	64	66	67	66	75	68
MARZO	68	69	70	66	67	66	69	67	68	72	67
ABRIL	73	67	74	69	72	65	69	68	71	71	71
MAYO	76	75	73	67	73	67	62	62	69	73	68
JUNIO	54	72	71	64	71	66	65	61	72	67	68
JULIO	56	69	67	64	75	64	58	58	62	69	63
AGOSTO	62	69	67	63	65	58	56	60	65	68	60
SEPTIEMBRE	66	72	67	57	67	63	54	58	65	77	55
OCTUBRE	65	67	61	61	67	62	61	61	68	69	58
NOVIEMBRE	61	55	63	68	66	62	53	68	71	70	54
DICIEMBRE	70	65	66	68	65	61	66	70	68	68	60
PROMEDIO	66	69	68	65	69	63	62	63	67	71	64

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 30.- Humedad relativa (%) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

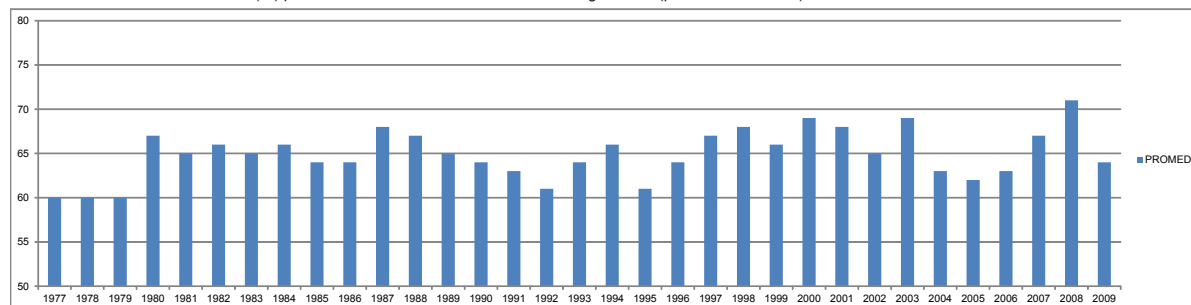
Después de los análisis realizados a los promedios de humedad relativa en un periodo de 33 años, es necesario conocer el comportamiento de este con respecto a los porcentajes máximos y mínimos en cada uno de los meses registrados por el CEA desde el año 2006 al 2010, en donde se ha podido concluir lo siguiente:

En relación al año 2006, se presentan los mayores porcentajes entre 77.4% (Octubre) y 87.3% (Marzo), mientras que los mínimos valor corresponde al rango entre 33.4% en el mes de Octubre y 44.7% en el mes de Abril. La mayor diferencia entre la humedad relativa máxima y mínima registrada fue de 44.5% en el mes de Noviembre (ver Tabla N°12 y Gráfico N°32 y 33).

Por otra parte si se compara con la gráfica correspondiente a la variable Temperatura para este mismo año (Gráfico N°18), se puede constatar que se corresponden, sin embargo en el mes de Octubre mientras la temperatura sube, la humedad baja.

Para el año 2007 el rango de los mayores porcentajes está entre 80.7 % (Febrero) y 87.3 % (Marzo), la mínima varía entre el 35.9% (Febrero) y 53% (Junio). La variación máxima entre los

Gráfico N° 31.- Humedad relativa (%) promedio anual de la ciudad de Cuenca según años (período 1977-2009)



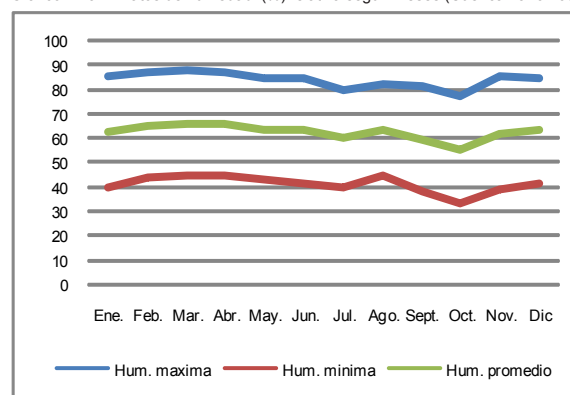
Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Tabla N° 12.- Datos de humedad (%) relativa de la ciudad de Cuenca según meses (año 2006)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Hum. máxima	84,9	86,6	87,3	86,9	83,9	84,5	80	81,9	81,1	77,4	84,8	84,6
Hum. mínima	40,2	43,8	44,5	44,7	43,4	41,8	40,2	44,6	38	33,4	39,3	41,7
Hum. promedio	62,6	65,2	65,9	65,8	63,7	63,2	60,1	63,3	59,6	55,4	62,1	63,2
Dif. Máx. y Mín.	44,7	42,8	42,8	42,2	40,5	42,7	39,8	37,3	43,1	44	45,5	42,9

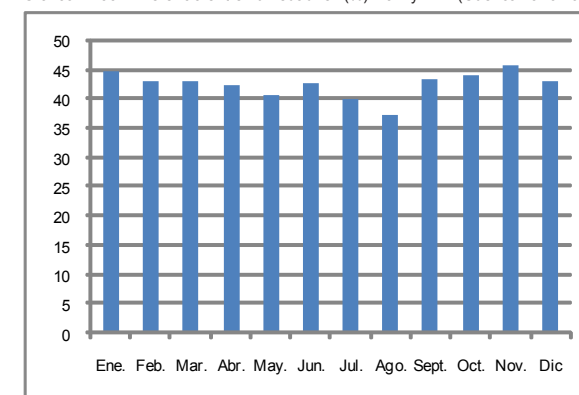
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 32.- Datos de humedad (%) relativa según meses (Cuenca - año 2006)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 33.- Diferencia entre humedad rel. (%) máx. y mín. (Cuenca - año 2006)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

porcentajes mínimos y máximos de este año es de 45.8 % en el mes de Febrero. (Ver Tabla N°13 y Gráfico N°34 y 35).

Realizando el mismo análisis que en el caso anterior, comparando las gráficas correspondientes a temperatura (Gráfico N°19) y humedad relativa (Gráfico N°34) de este año, se puede ver que éstas se corresponden, es decir cuando aumenta la temperatura pasa lo mismo con la humedad, sin embargo existen casos en que esto no es así, como se registra en los datos del mes de Junio en donde el porcentaje de humedad es alto, mientras que el valor de la temperatura disminuye.

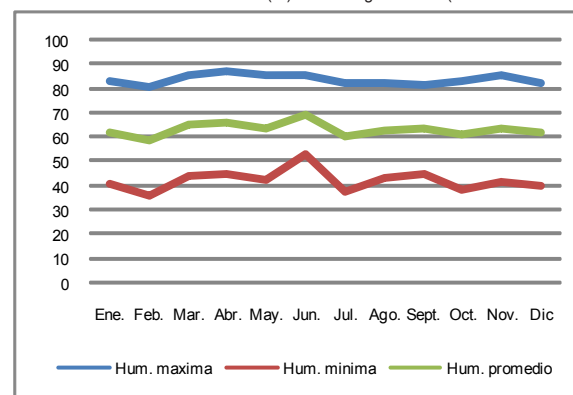
Considerando el año 2008, como se puede constatar en la Tabla N°14 y Gráfico N°36, se ha determinado que los máximos porcentajes de humedad están entre el 82.3% en el mes de Diciembre y el 87.5 % en el mes de Febrero, mientras que los mínimos porcentajes oscilan entre el 37% correspondiente al mes de Diciembre y el 49.4 % en el mes de Mayo. La diferencia máxima entre los porcentajes mínimos y máximos de este año es del 45.3% correspondiente al mes de Diciembre (ver Gráfico N°37). En este año se puede apreciar que en

Tabla N° 13.- Datos de humedad relativa (%) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2007)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Hum. máxima	83	80,7	85,8	87,1	85,1	85,8	82,1	82,4	81,4	82,8	85,8	82,7
Hum. mínima	41	35,9	44,3	45,1	42,4	53	37,7	43,2	44,7	38,3	41,4	40
Hum. promedio	62,0	58,3	65,1	66,1	63,8	69,4	59,9	62,8	63,1	60,6	63,6	61,4
Dif. Máx. y Mín.	42	44,8	41,5	42	42,7	32,8	44,4	39,2	36,7	44,5	44,4	42,7

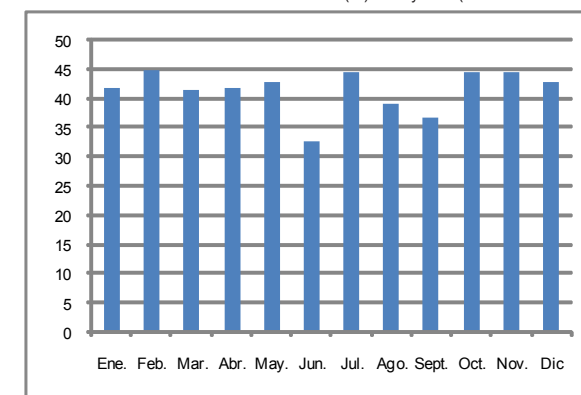
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 34.- Datos de humedad (%) relativa según meses (Cuenca - año 2007)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 35.- Diferencia entre humedad rel. (%) máx. y mín. (Cuenca - año 2007)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 14.- Datos de humedad relativa (%) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2008)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Hum. máxima	83,3	87,5	86,5	86,8	86,8	84,7	85,2	84,8	84,7	86,4	85,2	82,3
Hum. mínima	42,4	46,8	44,9	44	49,4	43,5	46,2	43,1	44,1	44,4	44	37
Hum. promedio	62,9	67,2	65,7	65,4	68,1	64,1	65,7	64,0	64,4	65,4	64,6	59,7
Dif. Máx. y Mín.	40,9	40,7	41,6	42,8	37,4	41,2	39	41,7	40,6	42	41,2	45,3

Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

## II CAPÍTULO

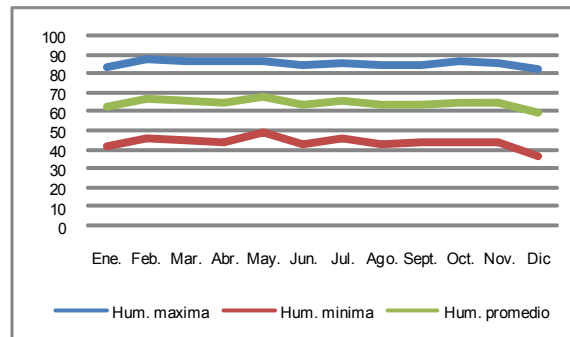
## CLIMA Y REFUGIO

el mes de Diciembre se da la variación más extrema del año en humedad, lo mismo ocurre en cuanto a la temperatura. Además no se puede hablar de una clara correspondencia entre las dos gráficas pues en la mayoría de los casos ocurre lo contrario, es decir mientras la temperatura sube (ver Gráfico N°21) la humedad baja (ver Gráfico N°36).

En cuanto al rango de los porcentajes máximos en humedad relativa para el año 2009, como se puede apreciar en la Tabla N°15 y el Gráfico N°38, éstos están entre el 78.9% y 85.8 % en los meses de Noviembre y Mayo, mientras que los valores mínimos entre el 32.7% y 67% (Noviembre y Diciembre respectivamente). La diferencia máxima entre los máximos y mínimos porcentajes de este año es del 46.2 % correspondiente al mes de Noviembre (ver Gráfico N°39).

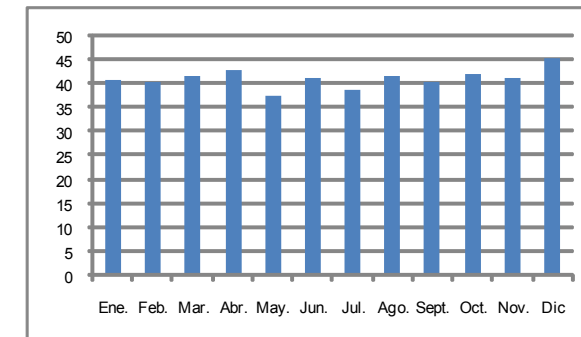
Mediante la comparación de las gráficas de temperatura y humedad, se ha podido constatar que ocurre la misma situación que en el caso anterior, en meses donde la temperatura asciende la humedad descende, sin embargo la variación del porcentaje de humedad no es tan representativa.(ver Gráfico N°23 y 38).

Gráfico N° 36.- Datos de humedad relativa (%) según meses (Cuenca - año 2008)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 37.- Diferencia entre humedad rel. (%) máx. y mín. (Cuenca - año 2008)



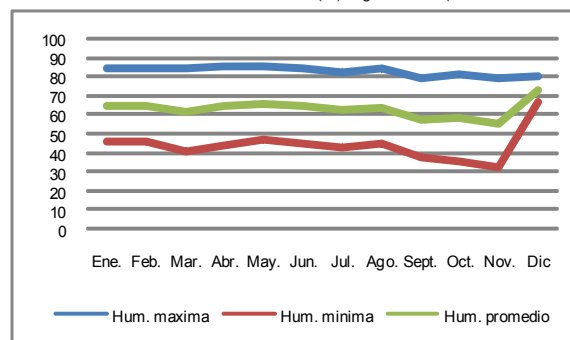
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 15.- Datos de humedad relativa (%) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2009)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Hum. máxima	84,5	84,9	84,1	85,6	<b>85,8</b>	85,2	82,7	84,4	79,1	80,8	<b>78,9</b>	80,3
Hum. mínima	45,8	45,7	41	43,9	47	45,3	42,8	44,7	37,6	36,1	<b>32,7</b>	<b>67</b>
Hum. promedio	65,2	65,3	62,6	64,8	66,4	65,3	62,8	64,6	58,4	58,5	55,8	73,7
Dif. Máx. y Mín.	38,7	39,2	43,1	41,7	38,8	39,9	39,9	39,7	41,5	44,7	<b>46,2</b>	<b>13,3</b>

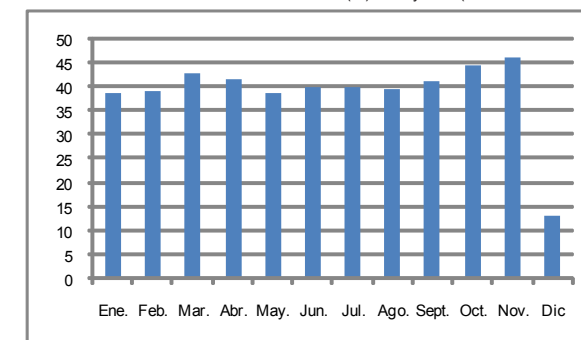
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 38.- Datos de humedad relativa (%) según meses (Cuenca - año 2009)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 39.- Diferencia entre humedad rel. (%) máx. y mín. (Cuenca - año 2009)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Por último en el análisis correspondiente al año 2010 los máximos valores oscilan entre el 79.2% y 86.8% (Octubre y Diciembre), mientras que los porcentajes mínimos se encuentran entre el 34.5% (Octubre) y 48.7% (Junio). (Ver Tabla N°16 y Gráfico N°40). La diferencia máxima encontrada entre los máximos y mínimos promedios es del 44.7% (Octubre), lo cual se puede observar en el Gráfico N°41. De igual manera que en el caso anterior, al efectuar una comparación con el comportamiento de la temperatura en este mismo año, se puede constatar que su gráfica no se corresponde con la de humedad relativa en la mayoría de los casos, pues mientras la temperatura asciende la humedad relativa muestra descensos, sin embargo son variaciones no muy significativas.

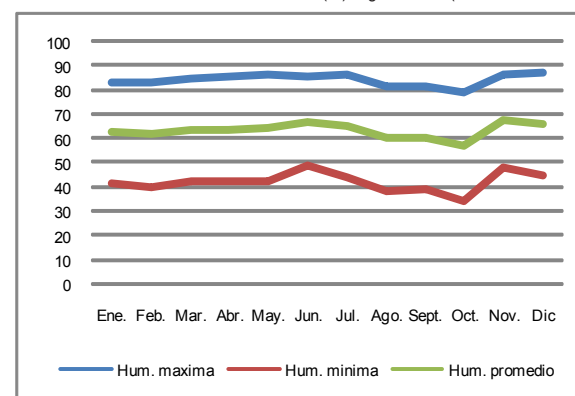
Como conclusión considerando los datos de los 5 años se puede establecer que los máximos porcentajes de humedad se dan en los primeros meses del año, mientras que los mínimos se registran entre los últimos meses, en ninguno de los casos se identifica un mes en particular. Por otra parte la variación de humedad entre los máximos y mínimos se mantiene en todos los casos entre 40 y 45%.

Tabla N° 16.- Datos de humedad relativa (%) de la ciudad de Cuenca según meses (año 2010)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Hum. máxima	83	83,3	84,6	85,1	85,7	84,9	86,2	81,8	81,1	79,2	86,2	86,8
Hum. mínima	41,6	40,2	42,1	42,2	42,6	48,7	44	38,5	39,4	34,5	48,3	44,6
Hum. promedio	62,3	61,8	63,4	63,7	64,2	66,8	65,1	60,2	60,3	56,9	67,3	65,7
Dif. Máx. y Mín.	41,4	43,1	42,5	42,9	43,1	36,2	42,2	43,3	41,7	44,7	37,9	42,2

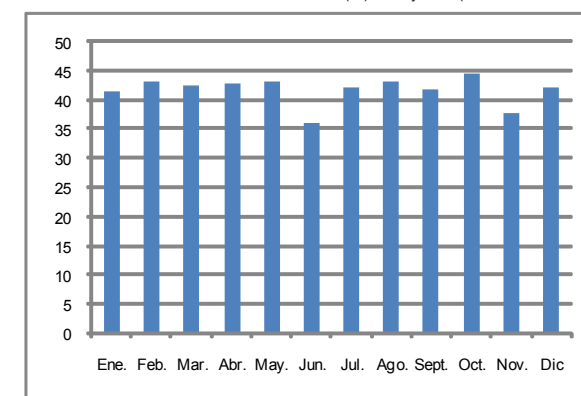
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 40.- Datos de humedad relativa (%) según meses (Cuenca - año 2010)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 41.- Diferencia entre humedad rel. (%) máx. y mín. (Cuenca - año 2010)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



### 2.1.3.3.- Confort Higrotérmico en la Ciudad de Cuenca

El ábaco psicrométrico o también conocido como el “Diagrama Bioclimático de Givoni” es uno de los esquemas más utilizados para la evaluación del confort térmico, en esta se representa las propiedades del aire tales como temperatura de bulbo seco y húmedo, humedad relativa, humedad absoluta y se utilizan para determinar las estrategias a aplicar para alcanzar la Zona de Confort en el interior de las edificaciones. Por otro lado basta con conocer dos datos de los mencionados y los demás se puede obtener mediante la gráfica.

El diagrama utilizado comúnmente para determinar la zona de confort de un lugar, han sido realizado en base al diagrama desarrollado por V. Olgyay. Para el caso de Ecuador, los investigadores Neimhuys-Lara han realizado la adaptación para alturas sobre los 2000 a 3000 msnm. De esta manera la ciudad de Cuenca al encontrarse a 2500 msnm, puede hacer uso de este diagrama acoplado en donde se determina que las temperaturas de confort “se amplían de 17 °C a 27 °C”<sup>20</sup>, en tanto que la humedad relativa

extrema de confort van de 20 y 80%. Con el objetivo de determinar las estrategias que requieren las edificaciones en la ciudad de Cuenca para alcanzar la zona de confort, se ha realizado la adaptación del rango establecido por Neimhuys-Lara en el diagrama bioclimático de Givoni. Posteriormente se ha colocando los datos promedios de la temperatura ambiente y humedad relativa de los diferentes meses, así como también los promedios máximos y mínimos diarios de cada mes de los últimos 5 años, con lo cual se han obtenido los siguientes resultados:

Como se observa en el Gráfico N° 42 las esferas de color anaranjado que son las correspondientes a los datos promedios de temperatura y humedad, se puede ver que dentro del rango mínimo de confort se ubican los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, mientras que los demás se encuentran fuera de este rango, evidenciándose además que los meses de Junio, Julio y Agosto son los más alejados a esta zona. Las estrategias recomendadas para los meses ubicados antes de la Zona C y sin llegar a la Zona H, es que se planteen edificaciones con una envolvente que presente fuerte inercia térmica y en las horas más frías

será necesario la utilización de un abrigo. En esta misma gráfica, pero en relación a las esferas de color azul, que se han obtenido al colocar los datos promedios mínimos diarios, se puede apreciar que en todos los meses, en las horas más frías que generalmente son en la madrugada se encuentran en la Zona H, para lo cual la estrategia a aplicar es la utilización de métodos de calefacción solar pasiva. Mientras que con respecto a las esferas de color rojo, correspondientes a los promedios máximos diarios que suelen ser al medio día, se ha podido determinar que se encuentran dentro de la Zona C, que es la de confort.

De esta manera se puede concluir que diariamente podemos encontrarnos en un momento dentro de la Zona de Confort mientras que en otro ya no, lo que vuela a sugerir la importancia de contar con una envolvente de alta inercia térmica, para evitar la variación extrema de temperaturas al interior de la edificación.

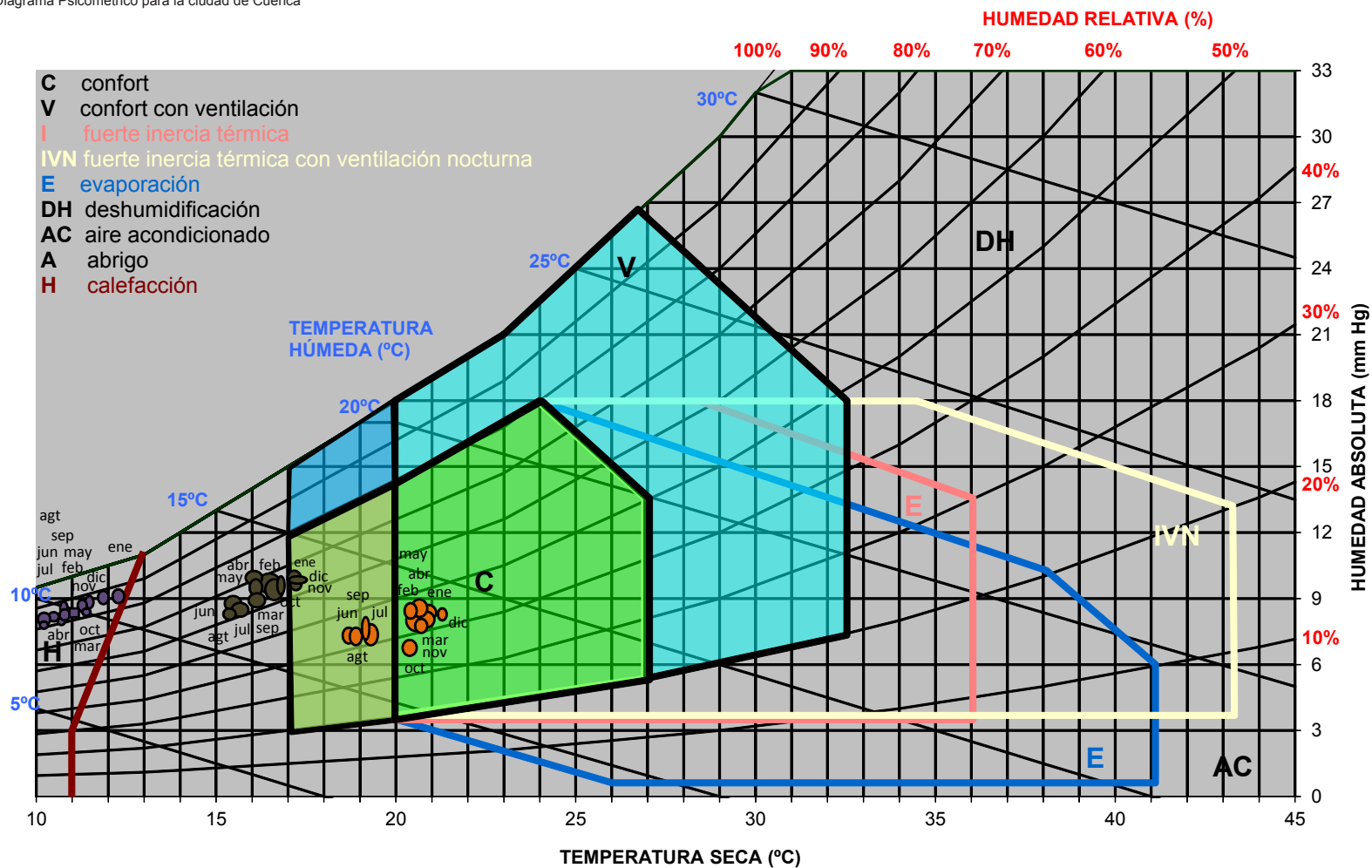
<sup>20</sup> Tesis Aplicación de Principios Bioclimáticos para el Diseño Urbano Arquitectónico, Carlos Chavez Rodriguez-Byron Pinos Abad, pág.21



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Gráfico N° 42.- Diagrama Psicrométrico para la ciudad de Cuenca



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

93

### 2.1.3.4.- Precipitación

La cantidad de agua que cae en la superficie terrestre procedente de la atmósfera se denomina precipitación, esta puede hacerlo en forma de líquido como la lluvia o llovizna o sólida como la nieve o granizo.

“La forma más común de medir la precipitación es en milímetros en un periodo determinado, donde un milímetro es un litro por metro cuadrado. La precipitación incide en la forma, extensión, grado de inclinación y materiales de las cubiertas sobre todo, además de que puede servir como un suministro de agua no potable que puede ser reutilizada para diferentes usos en los espacios como riego y limpieza.”<sup>21</sup>

Según como se puede observar en el Gráfico N°43 la ciudad de Cuenca presenta precipitaciones anuales entre los 700 y 1000 mm en la zona Sur y Este, mientras que hacia la parte Norte y Oeste este rango aumenta siendo igual a 1000 y 1250 mm. En cuanto al número de meses secos, se identifican entre 3 y 4 aumentando hacia la zona Este de la ciudad (ver Gráfico N°44).

Para determinar algunos datos más so-

bre las precipitaciones en la ciudad, se han realizado análisis de la base de datos del aeropuerto “Mariscal Lamar”, de un periodo de 33 años, dividiéndola en 3 sub-periodos de 11 años cada uno. De esta manera se ha podido conocer que la etapa lluviosa se inicia a partir del mes de Octubre y se extiende hasta Mayo.

En la primera fase que se extiende desde 1977 a 1987 las mayores precipitaciones se presentaron en los meses de Octubre y Abril (ver Tabla N°17 y Gráfico N°45). En el período comprendido entre 1988 y 1998, como se puede apreciar en la Tabla N°18 y Gráfico N°46, los máximos niveles de lluvia se dieron en Marzo, Abril, Octubre y Noviembre. En cuanto al tercer período (1999-2009), en los meses de Marzo y Abril se presentaron las máximas precipitaciones y con moderada intensidad en Diciembre (ver Tabla N°19 y Gráfico N°47).

Como conclusión, las mayores precipitaciones se dan en el lapso de Febrero a Mayo, en donde el promedio de estas es de 101.13 mm/m<sup>2</sup>; desde Junio hasta Septiembre disminuyen, presentando una precipitación promedio de 35.98 mm/m<sup>2</sup>, incrementándose nuevamente

Gráfico N° 43.- Isoyetas: ciudad de Cuenca y zonas aledañas



Fuente: Atlas de la Provincia del Azuay, IERSE-Universidad del Azuay, pag.21

Gráfico N° 44.- Número de meses secos: ciudad de Cuenca y zonas aledañas



Fuente: Atlas de la Provincia del Azuay, IERSE-Universidad del Azuay, pag.21

<sup>21</sup> Introducción a la Arquitectura Bioclimática, Manuel Rodríguez Viqueira, pag. 35



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

a partir de Octubre a Diciembre, periodo en el cual el promedio de precipitaciones es de 87.7 mm/m<sup>2</sup>. En el mes de Enero disminuye las precipitaciones a un promedio de 56.47 mm/m<sup>2</sup>, sin embargo a partir de entonces nuevamente empieza el incremento de estas.

Con respecto a las máximas precipitaciones en estas tres etapas analizadas, se ha encontrado que los mayores valores mensuales alcanzados se encuentran entre los 225 y 250 mm/m<sup>2</sup> y en relación a los menores valores mensuales, estos han llegado hasta los 3,6 mm/m<sup>2</sup>.

Por otra parte analizando el Gráfico N°48, se puede notar que la media de precipitaciones de los últimos treinta y tres años, se encuentra entre los 60 y 70 mm/m<sup>2</sup>, siendo la mínima de 52,31 mm/m<sup>2</sup>, registrada en el año de 1985 y una máxima de 106,98 mm/m<sup>2</sup>, correspondiente al año 1999.

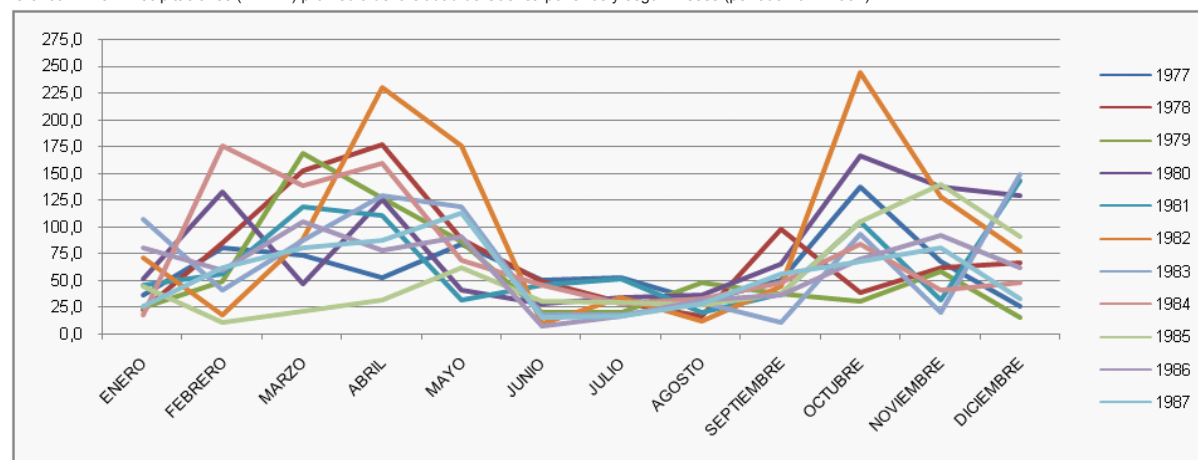
Además se puede observar que el promedio de precipitaciones anuales, presentan una gráfica muy irregular.

Tabla N° 17.- Precipitaciones (mm/m<sup>2</sup>) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).

MESES	AÑOS	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
ENERO		36,0	22,7	24,9	51,3	45,0	71,9	107,7	17,8	44,6	80,2	25,7
FEBRERO		80,3	85,9	49,0	132,5	55,6	18,2	41,0	176,1	10,4	60,1	61,7
MARZO		74,2	153,6	168,7	47,5	119,2	88,9	87,8	138,9	20,4	104,7	80,7
ABRIL		53,0	177,4	126,6	125,6	111,2	230,2	129,3	159,6	31,3	77,8	87,9
MAYO		84,3	89,0	86,7	41,1	32,0	176,0	119,3	68,9	61,3	91,0	112,7
JUNIO		50,3	49,4	19,5	28,8	45,5	10,2	18,1	46,1	30,7	7,4	15,9
JULIO		53,0	29,6	19,4	34,9	50,8	34,8	17,6	28,2	29,4	17,2	17,5
AGOSTO		30,4	17,2	47,6	37,0	19,9	13,0	29,5	32,6	27,0	32,1	28,1
SEPTIEMBRE		50,9	98,9	36,9	66,0	37,0	45,3	10,9	48,1	37,4	36,5	55,8
OCTUBRE		137,8	39,2	30,8	166,0	105,4	244,1	92,9	83,6	104,8	70,2	67,2
NOVIEMBRE		68,0	62,8	58,1	137,4	31,3	127,9	20,6	41,2	139,4	91,5	80,1
DICIEMBRE		26,1	66,6	15,2	128,6	143,3	77,9	149,2	48,5	91,0	61,6	32,9
PROMEDIO		62,03	74,36	56,95	83,06	66,35	94,87	68,66	74,13	52,31	60,86	55,52

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 45.- Precipitaciones (mm/m<sup>2</sup>) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

## II CAPÍTULO

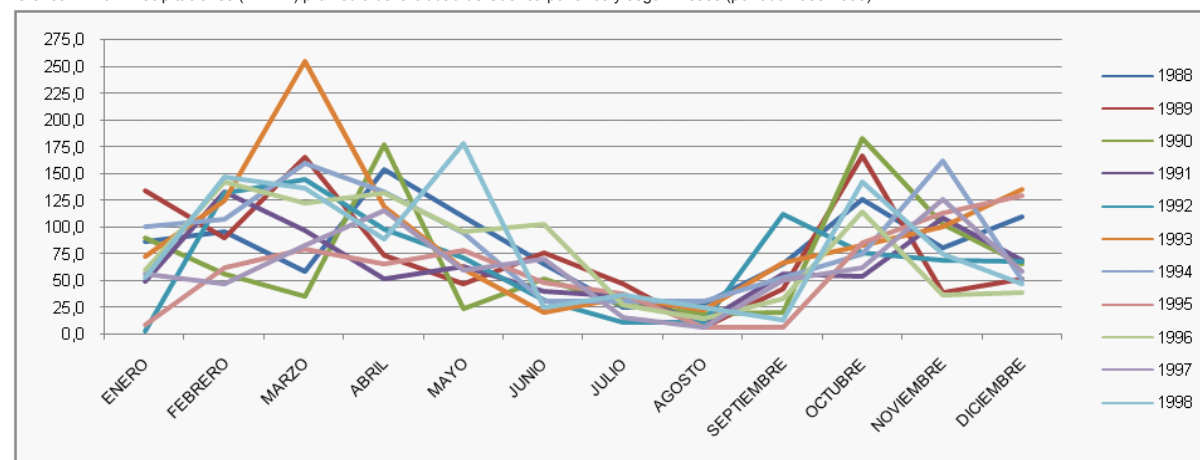
## CLIMA Y REFUGIO

Tabla N° 18.- Precipitaciones (mm/m²) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).

MESES AÑOS	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ENERO	86,2	135,4	90,5	50,5	3,6	72,9	100,9	8,7	59,7	56,6	52,8
FEBRERO	95,3	90,6	56,7	133,0	132,3	125,4	107,7	62,1	142,4	47,5	146,7
MARZO	59,0	165,9	36,6	97,3	145,4	255,7	159,9	79,5	122,2	83,5	136,1
ABRIL	153,9	74,1	177,7	52,0	98,7	119,2	133,4	66,3	131,4	115,3	89,0
MAYO	109,2	48,0	24,7	63,9	72,3	61,3	94,7	78,3	95,9	60,2	178,1
JUNIO	65,4	77,1	52,4	40,4	33,1	20,5	31,1	48,2	103,2	69,9	25,3
JULIO	25,0	48,0	28,4	35,9	12,1	34,7	31,4	37,8	27,6	15,2	37,4
AGOSTO	28,9	7,1	19,8	12,0	11,6	22,6	31,3	6,7	15,0	6,4	24,7
SEPTIEMBRE	65,4	43,2	20,4	56,6	112,5	66,9	53,4	6,3	33,9	50,6	13,7
OCTUBRE	125,6	167,4	183,4	54,1	76,9	83,9	75,5	85,5	114,9	62,0	142,7
NOVIEMBRE	80,9	40,1	103,5	109,2	69,9	100,4	162,2	113,6	37,3	126,0	74,9
DICIEMBRE	110,2	52,3	66,2	70,1	68,9	136,1	51,3	130,0	38,8	58,9	47,3
PROMEDIO	83,75	79,10	71,69	64,58	69,78	91,63	86,07	60,25	76,86	62,68	80,73

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 46.- Precipitaciones (mm/m²) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.





## II CAPÍTULO

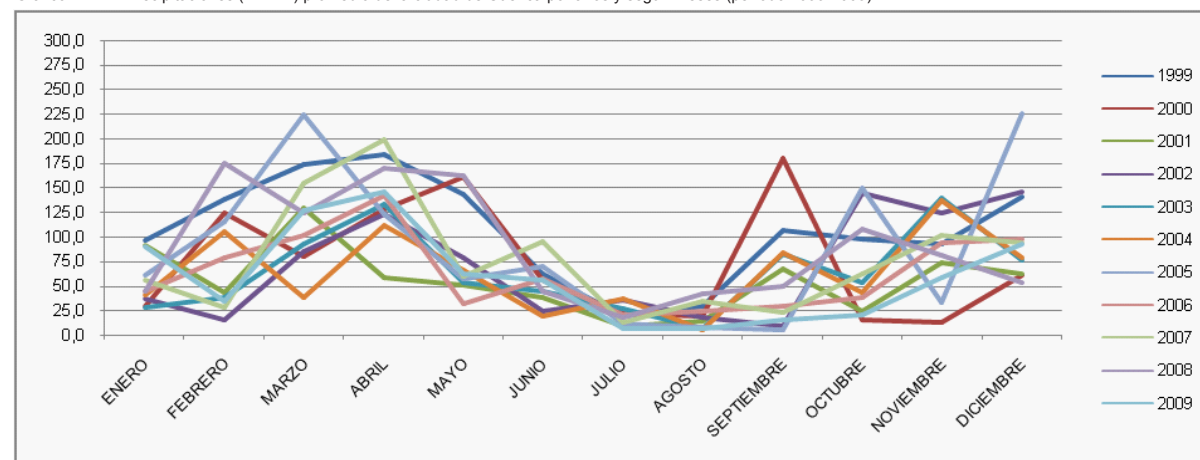
## CLIMA Y REFUGIO

Tabla N° 19.- Precipitaciones (mm/m<sup>2</sup>) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).

MESES AÑOS	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ENERO	96,3	29,4	91,2	37,1	28,3	40,1	60,4	44,7	55,8	44,5	90,3
FEBRERO	138,3	124,7	42,9	15,6	38,5	105,2	115,8	78,8	28,5	174,4	33,9
MARZO	173,1	80,3	129,8	85,4	92,9	37,9	224,1	101,5	154,6	124,9	126,3
ABRIL	183,7	127,7	58,8	122,7	133,2	111,1	122,8	141,7	199,4	169,3	146,1
MAYO	143,8	161,1	51,4	78,8	53,3	66,2	56,6	31,7	59,2	162,6	62,3
JUNIO	62,0	56,5	38,3	24,8	44,6	19,2	70,2	57,6	94,7	44,0	56,5
JULIO	19,8	21,5	9,4	36,0	27,1	36,8	11,8	20,8	12,5	18,0	7,1
AGOSTO	29,4	18,8	13,9	17,9	6,5	4,8	7,4	23,9	34,2	42,3	6,8
SEPTIEMBRE	106,1	179,9	67,1	9,1	83,1	83,2	5,2	29,6	23,4	49,4	16,0
OCTUBRE	98,0	15,4	24,3	144,0	53,8	43,5	149,7	37,7	62,1	107,2	20,3
NOVIEMBRE	92,4	13,2	73,4	124,6	138,9	137,3	33,1	94,5	101,4	81,6	58,3
DICIEMBRE	140,9	61,3	62,1	145,6	76,5	78,1	225,2	97,1	94,0	53,0	93,1
PROMEDIO	106,98	74,15	55,22	70,13	64,73	63,62	90,19	63,30	76,65	89,27	59,75

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 47.- Precipitaciones (mm/m<sup>2</sup>) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).

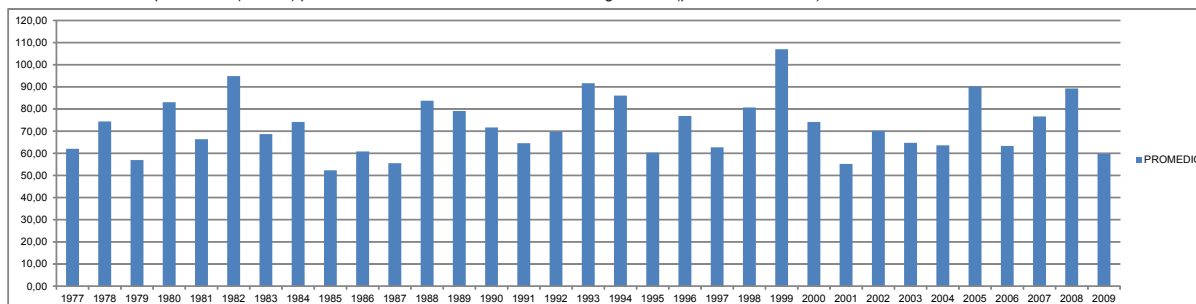


Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Gráfico N° 48.- Precipitaciones (mm/m<sup>2</sup>) promedio anual de la ciudad de Cuenca según años (período 1977-2009)



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

### 2.1.3.5.- Viento

El viento es un movimiento horizontal del aire de una zona de alta presión (masa de aire frío) a una zona de baja presión (masa de aire caliente) y es considerado como un gran recurso para la ventilación. El régimen de vientos de un lugar se representa a través de la rosa de los vientos, que expresa la distribución estadística de los vientos según su dirección de origen.

Con respecto a la velocidad del viento promedio en la ciudad de Cuenca, al analizar la gráfica correspondiente al período 1977-1987 (ver Tabla N°20 y Gráfico N°49), la velocidad mínima promedio registrada es de 2 km/h en el mes de Abril del año 1977, mientras que la máxi-

ma es de 11 km/h para los meses de Enero (1978), Febrero y Marzo (1977), Agosto (1982) y Septiembre (1983). Como se puede observar en dicha gráfica, existe una cierta irregularidad con respecto al comportamiento de la velocidad del viento, sin embargo para el caso del mes de Agosto es posible apreciar que por lo general se da un aumento de la misma al igual que en los meses de Diciembre y Enero pero con menor regularidad, en tanto que en los meses de Abril y Mayo se da un descenso alcanzando las menores velocidades del viento registradas en este periodo de años.

De igual manera para el segundo período (1988-1998) se puede observar que es en los meses de Abril y Mayo en

donde se concentran en la mayoría de los casos las menores velocidades, no obstante es importante mencionar que también se han presentado bajas velocidades en los meses de Septiembre y Enero, mientras que las máximas corresponden al mes de Diciembre y con menor frecuencia al mes de Noviembre. En esta fase la mínima velocidad registrada es de 6 km/h en el mes de Septiembre del año 1993 y la máxima es de 17km/h en el mes de Diciembre del año 1990 (ver Tabla N°21 y Gráfico N°50)

Finalmente en relación a la última etapa (1999-2009), al analizar la gráfica correspondiente se ha podido comprobar que se mantienen los meses de Abril y Mayo como los que registran las menores velocidades promedio. Con respecto a la mínima velocidad para este período se tiene que es de 7km/h presentándose en varios meses a lo largo del período y la máxima es de 19 km/h para el caso del mes de Enero del año 2004 ( ver tabla N°22 gráfico N°51).

Al realizar un análisis de la velocidad del viento promedio por años, para la etapa comprendida entre los años 1977-2009, como se puede apreciar en el Gráfico



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

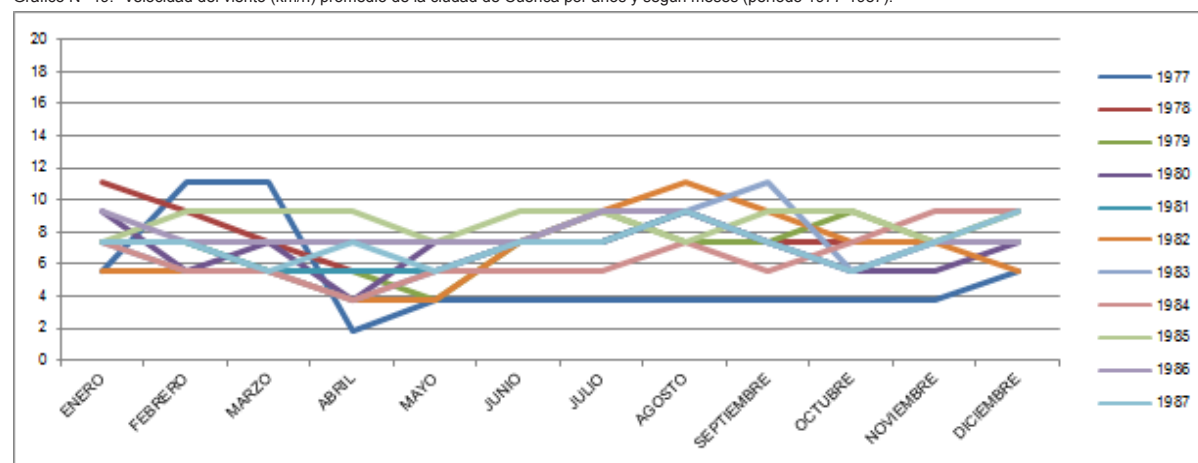
N°52, ha sido posible determinar que durante los once primeros años, la velocidad del viento ha sido menor que en el resto de años, ya que en este lapso existe un predominio de una velocidad que oscila entre los 6 y 7 km/h, en tanto que a partir del año 1988 en la mayoría de los casos las velocidades sobrepasan los 9km/h. Como se puede constatar en dicho gráfico el promedio anual de la mayor velocidad de viento registrada es de 12,82 km/h correspondiente al año 2004, mientras que la menor es de 5,10 km/h para el año 1977.

Tabla N° 20.- Velocidad del viento (km/h) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).

MESES	AÑOS	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
ENERO		6	11	7	9	7	6	7	7	9	7	7
FEBRERO		11	9	7	6	7	6	6	6	9	7	7
MARZO		11	7	6	7	6	6	6	6	9	7	6
ABRIL		2	6	6	4	6	4	4	4	9	7	7
MAYO		4	6	4	7	6	4	6	6	7	7	6
JUNIO		4	7	7	7	7	7	7	6	9	7	7
JULIO		4	7	9	7	7	9	9	6	9	9	7
AGOSTO		4	9	7	9	9	11	9	7	7	9	9
SEPTIEMBRE		4	7	7	7	7	9	11	6	9	7	7
OCTUBRE		4	7	9	6	6	7	6	7	9	6	6
NOVIEMBRE		4	7	7	6	7	7	7	9	7	7	7
DICIEMBRE		6	7	9	7	7	6	7	9	7	7	9
PROMEDIO		5,10	7,72	7,26	6,95	6,95	6,80	7,10	6,49	8,49	7,72	7,26

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 49.- Velocidad del viento (km/h) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1977-1987).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

## II CAPÍTULO

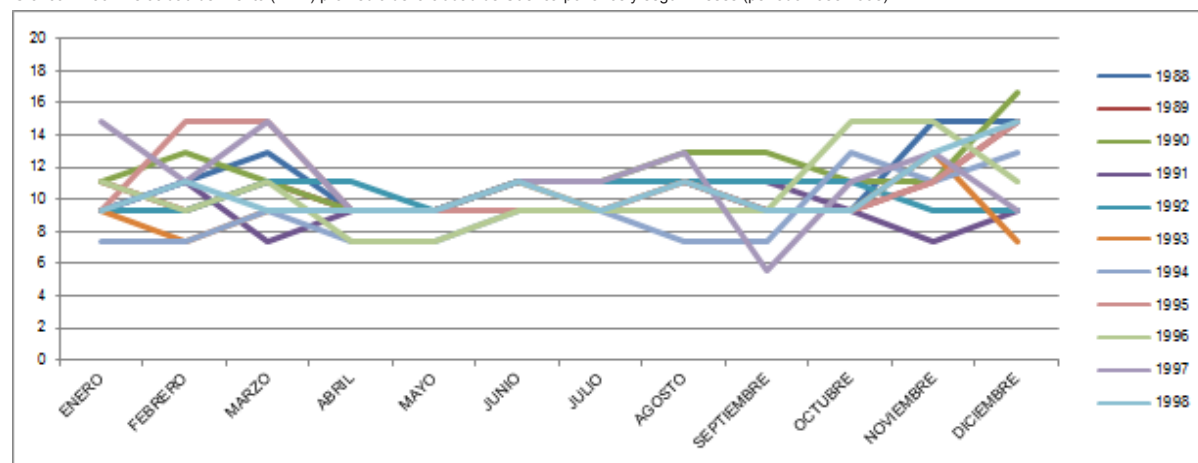
## CLIMA Y REFUGIO

Tabla N° 21.- Velocidad del viento (km/h) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).

MESES	AÑOS	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ENERO		9	11	11	9	9	9	7	9	11	15	9
FEBRERO		11	9	13	11	9	7	7	15	9	11	11
MARZO		13	11	11	7	11	9	9	15	11	15	9
ABRIL		9	9	9	9	11	9	7	9	7	9	9
MAYO		9	9	9	9	9	9	7	9	7	9	9
JUNIO		11	11	11	11	11	11	9	9	9	11	11
JULIO		11	11	11	11	11	9	9	9	9	11	9
AGOSTO		11	11	13	11	11	11	7	11	9	13	11
SEPTIEMBRE		9	9	13	11	11	9	7	9	9	6	9
OCTUBRE		9	9	11	9	11	9	13	9	15	11	9
NOVIEMBRE		15	11	11	7	9	13	11	11	15	13	13
DICIEMBRE		15	15	17	9	9	7	13	15	11	9	15
PROMEDIO		11,12	10,66	11,74	9,73	10,35	9,58	9,11	10,97	10,35	11,12	10,50

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 50.- Velocidad del viento (km/h) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1988-1998).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

II CAPÍTULO

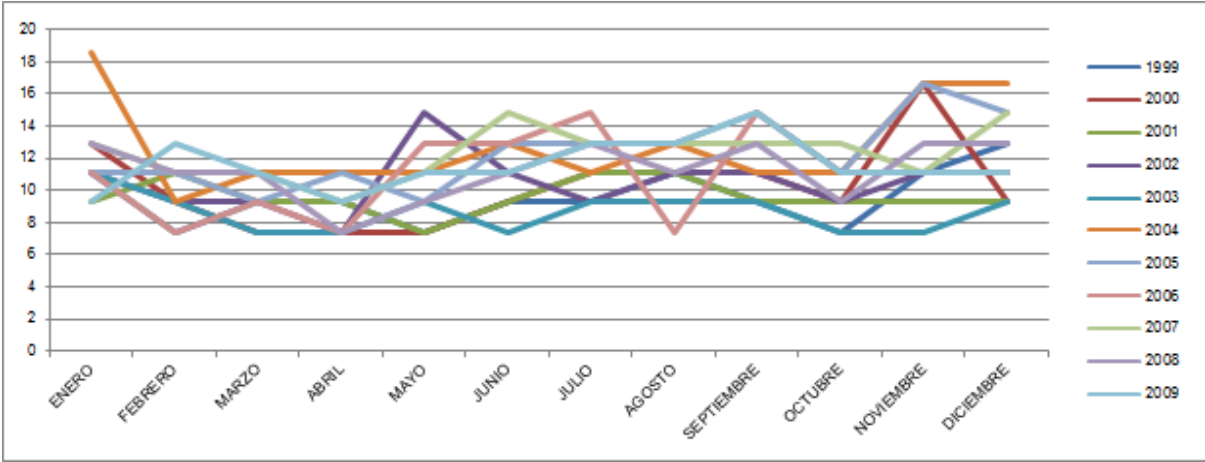
CLIMA Y REFUGIO

Tabla N° 22.- Velocidad del viento (km/h) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).

MESES	AÑOS	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ENERO		11	13	9	11	11	19	11	11	13	13	9
FEBRERO		7	9	11	9	9	9	11	7	11	11	13
MARZO		9	7	9	9	7	11	9	9	11	11	11
ABRIL		9	7	9	7	7	11	11	7	9	7	9
MAYO		7	7	7	15	9	11	9	13	11	9	11
JUNIO		9	9	9	11	7	13	13	13	15	11	11
JULIO		9	11	11	9	9	11	13	15	13	13	13
AGOSTO		11	11	11	11	9	13	13	7	13	11	13
SEPTIEMBRE		9	11	9	11	9	11	15	15	13	13	15
OCTUBRE		7	9	9	9	7	11	11	11	13	9	11
NOVIEMBRE		11	17	9	11	7	17	17	11	11	13	11
DICIEMBRE		13	9	9	11	9	17	15	11	15	13	11
PROMEDIO		9,58	10,19	9,58	10,50	8,65	12,82	12,36	10,97	12,36	11,27	11,58

Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Gráfico N° 51.- Velocidad del viento (km/h) promedio de la ciudad de Cuenca por años y según meses (período 1999-2009).



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

101

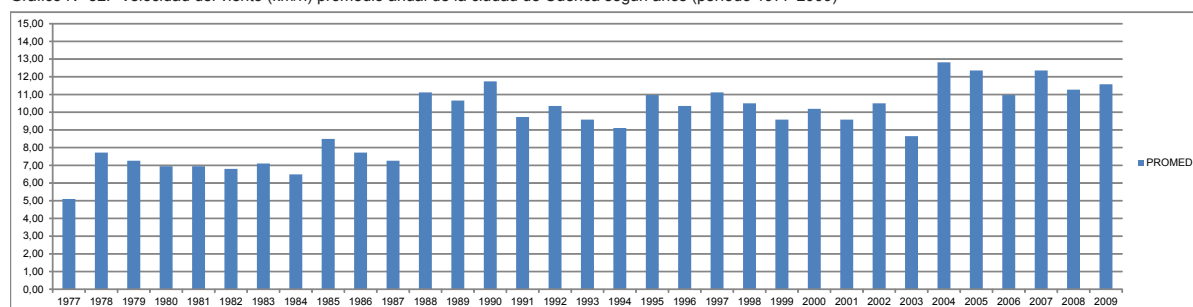
Por otra parte, en cuanto a un análisis de la dirección del viento por meses para el período 1977-2009, (ver Gráfico N°53) se puede concluir que existe un predominio de la dirección Noreste, ya que diez meses corresponden a ésta.

Es importante recalcar que en los meses de Noviembre y Diciembre, la dirección predominante del viento es Sur con el 24,24% en ambos casos, además con un porcentaje considerable (21,21%) se encuentra la dirección SSO.

Así mismo se ha considerado importante realizar un estudio similar considerando la información de la Estación Meteorológica del CEA de la Universidad de Cuenca, para el período comprendido entre los años 2006 y 2010, puesto que las características del viento pueden variar significativamente de un lugar a otro.

De esta manera para el año 2006, como se puede ver en la Tabla N°23 y el Gráfico N°54, el viento en los diferentes meses proviene del Oeste, Suroeste, Sureste y Este, registrándose una velocidad media máxima de 31 km/h (SW) en el mes de Enero y una velocidad media mínima de 25.3 km/h (SE y W) en el mes de Abril.

Gráfico N° 52.- Velocidad del viento (km/h) promedio anual de la ciudad de Cuenca según años (período 1977-2009)



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

Para el año 2007 el viento proviene principalmente del Este y Sureste. Su velocidad media máxima y mínima corresponde a los meses de Febrero y Junio con valores de 31.1km/h (W) y 22.8 km/h (E) respectivamente (ver Tabla N°24 y Gráfico N°55).

Analizando el año 2008 se ha podido conocer que los vientos provinieron no solo del Oeste, Suroeste, Sureste y Este, sino también del Noreste, siendo ésta la dirección predominante en este caso. Su velocidad media máxima registrada es de 30.1 km/h (SW) en el mes de Diciembre y la velocidad mínima es de 21.8 km/h (NE) en el mes de Agosto (ver Tabla N°25 y Gráfico N°56). En el análisis del viento del año 2009 se presenta un predominio de la direc-

ción del viento en sentido Este. La velocidad media máxima detectada fue de 32.7 km/h (SW) en Noviembre y la menor velocidad media fue de 8.2 km/h (E) en Abril (ver Tabla N°26 y Gráfico N°57).

Por último en el año 2010, como se puede apreciar en la Tabla N°27 y Gráfico N°58, el viento proviene de diferentes direcciones predominando los vientos del Este y Sur. Las velocidades medias máximas y mínimas registradas fueron de 25.4 km/h (E) en el mes de Diciembre y 2.6km/h en el mes de Junio respectivamente.

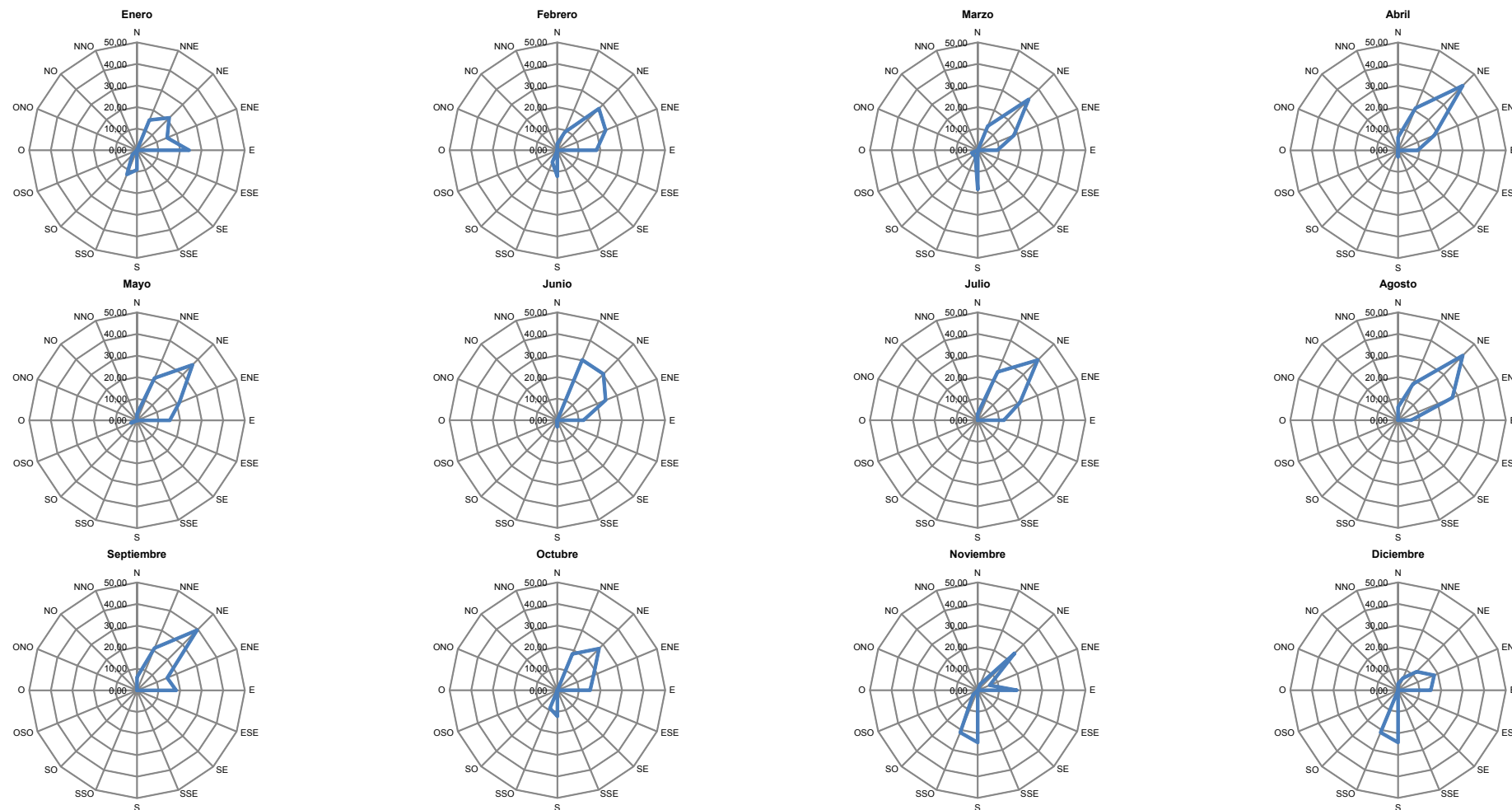
Este análisis presenta datos de velocidad más elevados en relación a los presentados por la Estación Meteorológica del aeropuerto, lo cual también afectaría a la temperatura del lugar.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Gráfico N° 53.- Rosa de los vientos según meses (período 1977-2009)



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

Tabla N° 23.- Velocidad media (km/h) y dirección predominante del viento en la ciudad de Cuenca según meses (año 2006)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic
Velocidad Media	31	26,5	27,9	25,3	27,9	27,7	29,4	26,2	30,4	29,8	27,8	26,7
Dirección Predominante	SW	SW	SE	SE y W	SE	E	E	E	SE	W	W	W

Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 24.- Velocidad media (km/h) y dirección predominante del viento en la ciudad de Cuenca según meses (año 2007)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic
Velocidad Media	28,7	31,1	27,6	25,1	26,2	22,8	29,2	27,3	26,4	28,6	29,2	29,1
Dirección Predominante	SE	W	SE	SE	E	E	E	E y SE	SW	SW	E	SW y W

Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 25.- Velocidad media (km/h) y dirección predominante del viento en la ciudad de Cuenca según meses (año 2008)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic
Velocidad Media	29,3	27,9	26	26,2	22,4	24,4	27,2	21,8	26,8	26,9	26,3	30,1
Dirección Predominante	SE	SE y W	W	SW	E	NE	NE	NE	NE	NE y W	NE	SW

Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 26.- Velocidad media (km/h) y dirección predominante del viento en la ciudad de Cuenca según meses (año 2009)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic
Velocidad Media	24,5	13,8	9,5	8,2	20,4	19,4	28,7	22,5	22,5	29	32,7	23,5
Dirección Predominante	E	E	E	E	E	N	SE	SE	E	E	SW	W

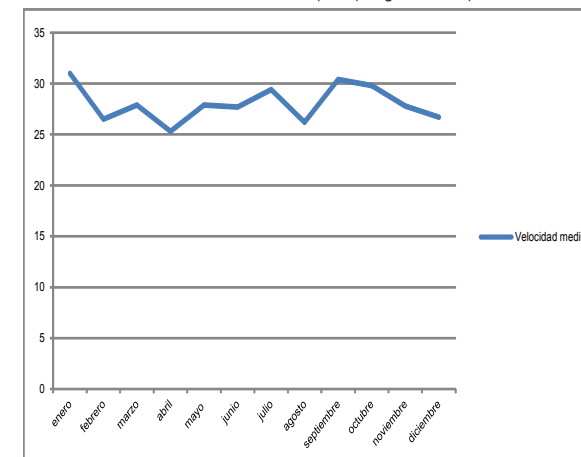
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Tabla N° 27.- Velocidad media (km/h) y dirección predominante del viento en la ciudad de Cuenca según meses (año 2010)

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic
Velocidad Media	24,7	13,7	23,2	13,9	13,3	2,6	11,5	17,5	25,2	15,8	24,7	25,4
Dirección Predominante	E	SE	W	S	SE	S	S	E y SW	E	SW y W	E y NE	E

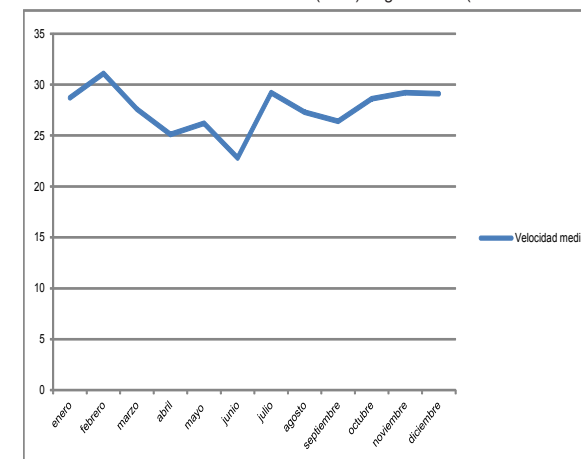
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 54.- Velocidad med. del viento (km/h) según meses (Cuenca-año 2006)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 55.- Velocidad med. del viento (km/h) según meses (Cuenca-año 2007)



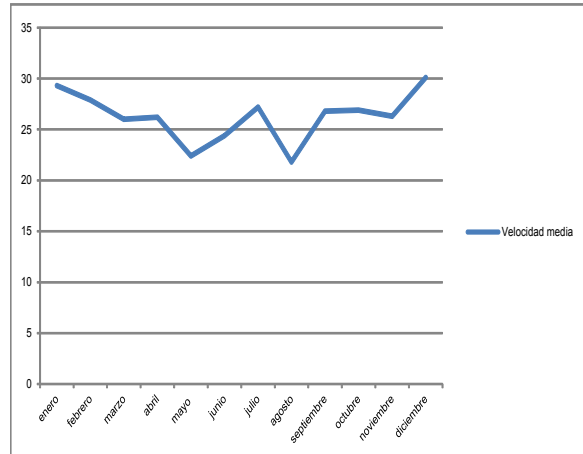
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



## II CAPÍTULO

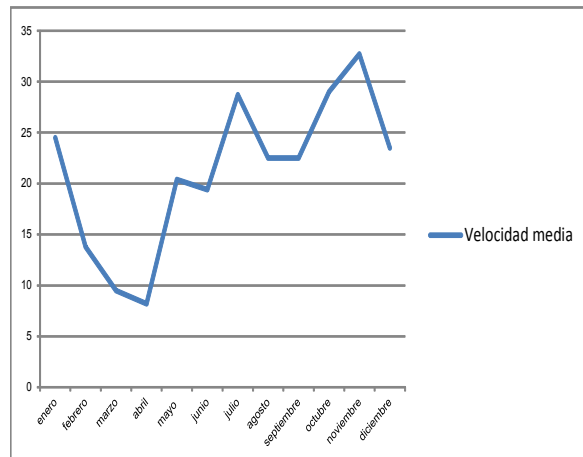
## CLIMA Y REFUGIO

Gráfico N° 56.- Velocidad med. del viento (km/h) según meses (Cuenca-año 2008)



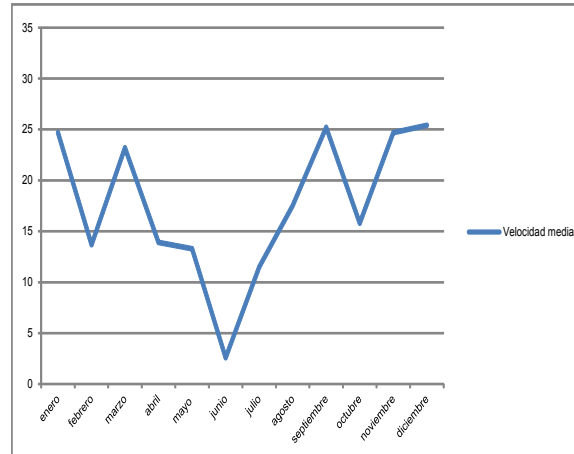
Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 57.- Velocidad med. del viento (km/h) según meses (Cuenca-año 2009)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

Gráfico N° 58.- Velocidad med. del viento (km/h) según meses (Cuenca-año 2010)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.

### 2.1.3.6.- Nubosidad

Es la cantidad de vapor suspendida en la tropósfera y que se hacen visibles por un estado de condensación más o menos considerable. La nubosidad está relacionada de manera más directa con la precipitación, sin embargo la temperatura constituye un parámetro importante para su formación, ya que cuando las masas de aire son de distintas temperaturas, esto provoca el ascenso del aire mas cálido dando lugar a la nubosidad. Se considera que el estudio de este ele-

mento climático es importante para el diseño pues permite determinar las condiciones de luminancia de un lugar, así como prever las circunstancias a las que pueden estar sometidos los sistemas que emplean la radiación solar directa.

Realizando un análisis de la nubosidad media por meses para la ciudad de Cuenca en un período comprendido entre los años 1977 y 2009, se ha podido conocer que desde el mes de Febrero hasta Mayo se presentan los mayores valores de nubosidad que corresponden a 7/8, mientras que para el resto de meses se mantiene constante con un valor igual a 6/8 (ver Gráfico N° 59).

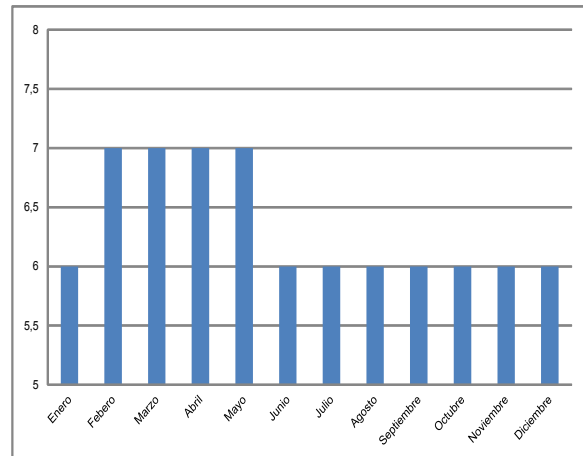
De esta manera se concluye que la mayor parte del tiempo el cielo se encuentra medio nublado, mientras que por un período de cuatro meses permanece nublado casi en su totalidad.

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

105

Gráfico N° 59.- Nubosidad (óctas) promedio según meses (Cuenca, 1977-2009)



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.

### 2.1.3.7.- Radiación Solar

Se conoce por radiación solar a la energía proveniente del Sol en forma de un conjunto de ondas electromagnéticas distribuidas desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La unidad que mide la radiación o energía solar que llega a la Tierra es el  $\text{Wh/m}^2$ , siendo este un valor variable a lo largo del globo terrestre debido a diversos fac-

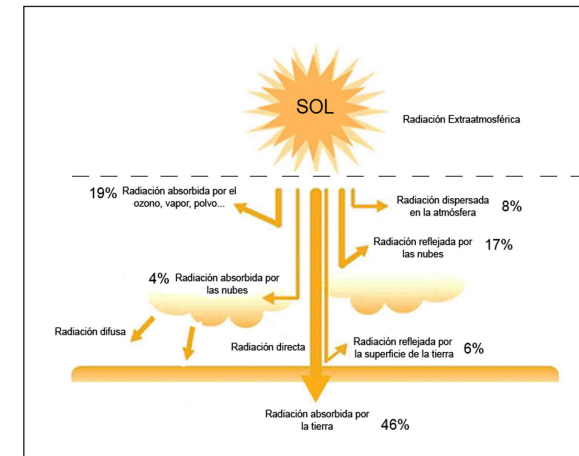
tores como latitud, altura, nubosidad, etc.

“Fundamentalmente en la atmósfera una gran parte de la radiación sufre una absorción y una dispersión como consecuencia de su propia estructura, de los agentes y variables que allí se encuentran, tales como la polución o la nubosidad.”<sup>22</sup>

Del flujo de energía que recibimos del Sol, en forma de ondas electromagnéticas, aproximadamente la mitad de las que recibimos pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. La porción de esta radiación que no es absorbida por la atmósfera, es la que produce quemaduras en la piel.

En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, como se puede apreciar en el Gráfico N°60, se pueden distinguir diferentes tipos de radiación que son: la radiación directa (procede del Sol sin haber sufrido ningún cambio de dirección y depende de su posición), la radiación difusa (es la que atraviesa la atmósfera y es reflejada por las nubes o absorbida por ellas, además va en todas las direcciones como consecuencia de las reflexiones y absor-

Gráfico N° 60.- Tipos de radiación solar



Fuente: www.geointercambio.com

ciones) y la radiación reflejada (procede de la reflexión de la radiación incidente sobre el entorno. Las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben). También existe la radiación extra-atmosférica (fuera de la atmósfera). Sin embargo en un día despejado la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa, de igual manera en un día nublado no exis-

<sup>22</sup> Energía Solar Térmica, Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL - Douglas Aguirre, pág. 21



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

te radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es la difusa.

Por otra parte se debe tener en cuenta que el motivo por el que la temperatura se mantiene constante en 15 grados es porque el intercambio de energía entre el Sol y la Tierra presenta un estado de balance térmico, es decir que las cantidades de energía que esta última recibe, tiende a ser equivalentes a las que emite. Si ese balance térmico se rompiera, daría lugar a un desequilibrio prolongado, en donde la Tierra se enfriaría o calentaría paulatinamente hasta volverse inhabitable. Es por ello que gracias a la atmósfera que mantiene a la tierra con temperaturas ideales para la vida es indispensable, pues sin ella la temperatura fuera de -18 grados. El problema que enfrenta el planeta con el efecto invernadero se debe a que en la atmósfera ha aumentado el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en un 25%, el N<sub>2</sub>O en un 10% y CH<sub>4</sub> en un 100%.

El estudio de la radiación es importante también debido a que ésta produce un incremento de la temperatura en las superficies envolventes, que luego desprenden ese calor al interior de las edificaciones y genera movimien-

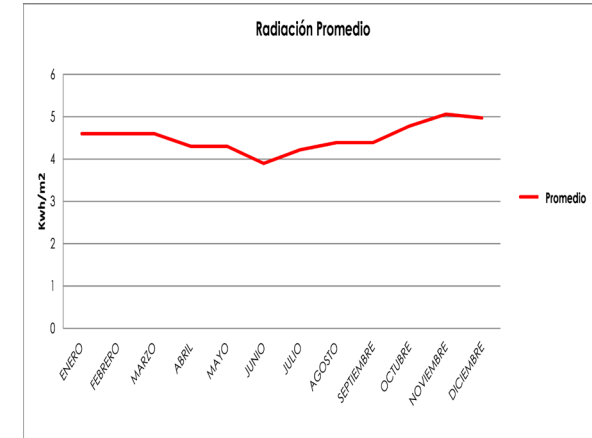
tos de masa de aire por diferencias de temperaturas entre las zonas expuestas al Sol y las que están a la sombra.

La incidencia de radiación solar puede determinarse en función de la dirección y de la inclinación de los rayos que varían pues el eje de inclinación de la tierra es de 23°27' con respecto al plano orbital o eclíptico, para lo cual se utilizan las cartas solares que muestran gráficamente el ángulo de elevación respecto a la horizontal y el azimut o ángulo de desviación respecto al sur. La incidencia de la radiación solar determina la ubicación y posición de las aberturas y de las partes ciegas, de los elementos de protección, de los captadores solares, etc.

Con respecto a la ciudad de Cuenca los datos de radiación solar muestran que en los diferentes meses del año ésta varía entre los 3.92 kwh/m<sup>2</sup> correspondiente al mes de junio, y 5.06 kwh/m<sup>2</sup> en el mes de noviembre. Sin embargo el resto de los meses se obtiene como promedio 4.5 kwh/m<sup>2</sup> (ver Gráfico N° 61).

Por otra parte, en cuanto a la insolación, ésta corresponde a la cantidad total de radiación solar (directa y refleja-

Gráfico N° 61.- Radiación solar promedio en la ciudad de Cuenca según meses



Fuente: Instituto de Ingeniería Solar, Universidad de Massachusetts

da) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>, para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar.



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

107

### 2.1.3.8.- Asoleamiento

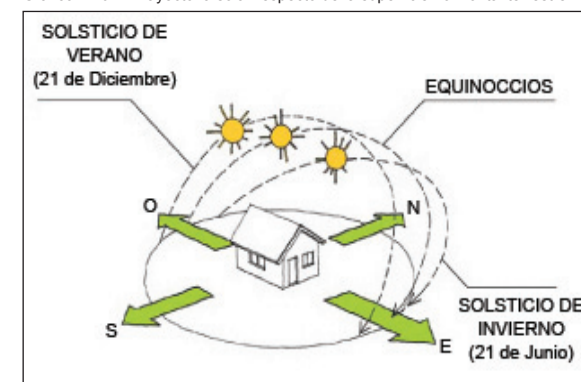
El sol, principal fuente de energía en el planeta, es un recurso fundamental a tener en cuenta en el diseño de una vivienda bajo el concepto de la arquitectura bioclimática. Por lo que el asoleamiento hace referencia a conocer la trayectoria solar y las coordenadas del sol para un día establecido, en un lugar determinado a una hora fijada. Para ello es importante conocer la geometría solar ya que “a través del conocimiento de la trayectoria de los rayos solares, tanto es su componente térmica como lumínica, lograremos dar la óptima orientación al edificio, la mejor ubicación de los espacios interiores de acuerdo a su uso y podremos diseñar adecuadamente las aberturas y los dispositivos de control solar, logrando efectos directos de calentamiento, enfriamiento e iluminación, traducibles en términos de confort humano.”<sup>23</sup>

Aunque es sabido que la Tierra gira sobre su eje y además describe una órbita alrededor del Sol, para el análisis del movimiento aparente de este último, se considera que el planeta se encuentra en un lugar fijo y que es el Sol el que se mueve, esto recibe el nombre de trayectoria so-

lar, la cual como se puede apreciar en el Gráfico N°62 “varía conforme la época del año, el menor ángulo respecto de la horizontal se da en el solsticio de invierno y el mayor en el solsticio de verano, mientras que para el resto de días del año está entre estos solsticios. Para un determinado lugar, los ángulos del solsticio de invierno y verano están dados por su latitud.”<sup>24</sup> Es así que para el caso de la ciudad de Cuenca, los mayores ángulos se registran en los equinoccios de Marzo y Septiembre y los menores en los solsticios de Junio y Diciembre.

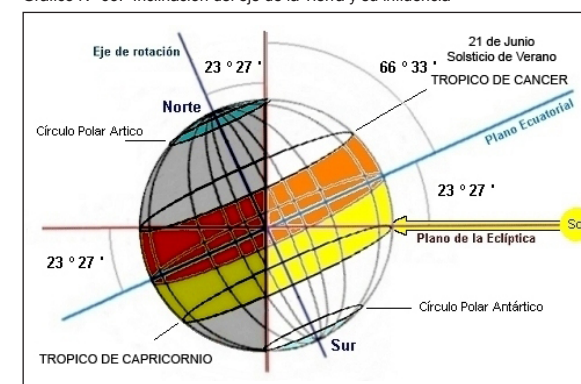
Como se puede ver en el Gráfico N°63, cuando el ángulo máximo se presenta en el Hemisferio Norte entre el rayo solar y la línea ecuatorial, éste es de  $+23^{\circ}27'$  y corresponde al 21 de Junio; a esta fecha se le conoce como solsticio de verano, mientras que a la latitud geográfica en este punto se le conoce como trópico de cáncer. En este caso el polo Norte recibe los rayos solares mientras que el polo Sur está en oscuridad. En cambio cuando el ángulo de máxima declinación negativa se presenta en el Hemisferio Sur de la misma forma con un ángulo de  $-23^{\circ}27'$  es el día 21 de Diciembre, que se lo conoce como solsticio de invierno, mien-

Gráfico N° 62.- Trayectoria solar respecto de la superficie horizontal terrestre



Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante

Gráfico N° 63.- Inclínación del eje de la Tierra y su influencia



Fuente: rbtgmol.wordpress.com

<sup>23</sup> Arquitectura Bioclimática, Víctor Armando Fuentes, pág. 44

<sup>24</sup> Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante, pág. 58

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

tras que a la latitud se le conoce como trópico de capricornio. En este caso el polo Sur recibe los rayos solares mientras que el polo Norte está en oscuridad.

En el caso del Ecuador al encontrarse hacia el hemisferio Sur, el solsticio de invierno se da el 21 de Junio y el de verano el 21 de Diciembre.

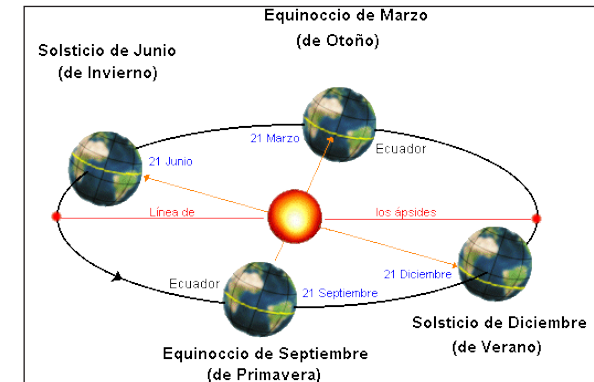
“Existen dos puntos en los cuales los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el ecuador (ver Gráfico N°64), es decir con una inclinación igual a cero; el primero se da el 21 de marzo, y se conoce con el nombre de equinoccio de Otoño, y el segundo se produce el 23 de septiembre y se le conoce como equinoccio de Primavera.”<sup>25</sup>

Para fines prácticos de la geometría solar se debe partir del supuesto movimiento del sol alrededor de la tierra, en este caso un observador sobre una superficie plana vería el desplazamiento del sol describiendo orbitas circulares paralelas a lo largo de todo el año sobre una esfera denominada la bóveda celeste, cualquier rayo sin importar la posición del sol estaría dirigido hacia el centro de la esfera, esta sería la

trayectoria denominada ruta del sol. Al punto más alto de la bóveda se lo denomina Cenit, y para localizar un punto sobre la superficie terrestre se emplean las coordenadas geográficas latitud y longitud. Para ubicar el sol se lo hace mediante la altura y el azimut, la altura es el ángulo formado por el rayo del sol, dirigido al centro de la bóveda y el plano del horizonte, se mide a partir del plano del horizonte hacia el cenit, 0 a 90 grados, mientras que el azimut es el ángulo formado por la proyección del rayo solar sobre el horizonte con el eje Norte – Sur, puede ir de 0 a 180 grados hacia el Este u Oeste (ver Gráfico N°65).

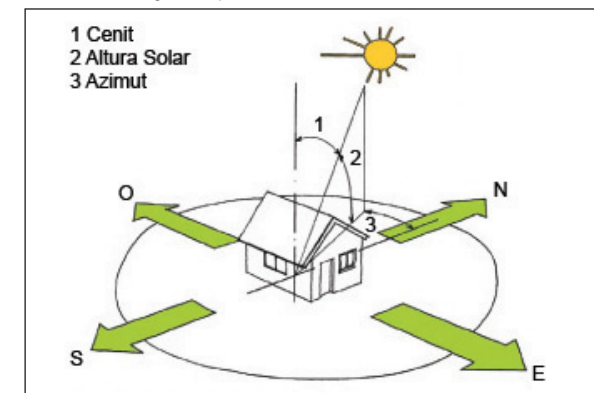
Existen diferentes métodos para analizar el comportamiento solar, el primero es mediante gráficos que son los más prácticos para el diseño con fines arquitectónicos, existiendo distintos diagramas como el de trayectoria y posición solar. También se encuentran los métodos matemáticos los cuales proporcionan información con fines técnicos como balances de energía, transferencia térmica, dispositivos solares activos, etc. Finalmente los modelos físicos de simulación que dan una visión cualitativa del comportamiento del edificio.

Gráfico N° 64.- Trayectoria solar: solsticios y equinoccios



Fuente: rbtgimol.wordpress.com

Gráfico N° 65.- Angulos de posición del sol



Fuente: Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante

<sup>25</sup> Arquitectura Bioclimática, Víctor Armando Fuentes, pág. 47

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

109

Para la ciudad de Cuenca el diagrama solar de trayectoria y posición se puede ver en el Gráfico N°66, para lo cual se ha utilizado la gráfica solar de proyección estereográfica, la misma que “es una representación de la trayectoria solar basada en la proyección ortogonal, que consiste en trasladar la ruta del sol, descrita sobre la bóveda celeste, sobre el plano del horizonte.”<sup>26</sup>

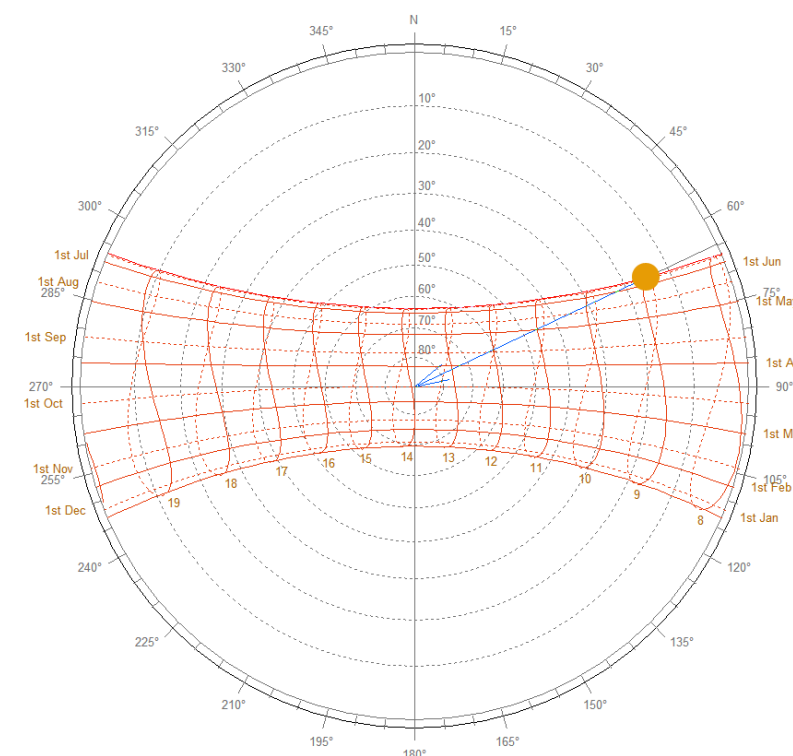
Los diagramas o cartas solares están compuestos por círculos concéntricos que representan la altura solar y las líneas concéntricas el azimuth. El círculo externo corresponde al horizonte (ángulo del Sol a 0° respecto de la horizontal). El punto central representa un ángulo de altura solar de 90°. Esta gráfica es muy útil para el estudio de sombras, análisis y evaluación de dispositivos de control solar, para tomar decisiones de cómo orientar los edificios y ubicación de los espacios, ya que sobre esta se puede colocar diagramas de sombreado, energéticos, de radiación o iluminación, o simplemente expresar sobre ella los rangos y variaciones de temperatura ambiente de la localidad en estudio. Con respecto a la ciudad de Cuenca, como se puede apreciar en el Gráfico N°66, de-

Tabla N° 28.- Azimut y altura solar por Solsticios y según horas del día.

21 de Junio			
Local	(Solar)	Azimuth	Altitude
06:30	(06:12)	66.4°	1.7°
07:00	(06:42)	65.8°	8.5°
07:30	(07:12)	64.7°	15.3°
08:00	(07:42)	63.2°	22.1°
08:30	(08:12)	61.2°	28.7°
09:00	(08:42)	58.5°	35.2°
09:30	(09:12)	54.8°	41.5°
10:00	(09:42)	50.0°	47.4°
10:30	(10:12)	43.4°	52.9°
11:00	(10:42)	34.6°	57.6°
11:30	(11:12)	23.1°	61.2°
12:00	(11:42)	9.0°	63.3°
12:30	(12:12)	-6.4°	63.5°
13:00	(12:42)	-20.9°	61.7°
13:30	(13:12)	-32.9°	58.3°
14:00	(13:42)	-42.1°	53.7°
14:30	(14:12)	-49.0°	48.4°
15:00	(14:42)	-54.1°	42.5°
15:30	(15:12)	-57.9°	36.3°
16:00	(15:42)	-60.8°	29.8°
16:30	(16:12)	-62.9°	23.2°
17:00	(16:42)	-64.5°	16.5°
17:30	(17:12)	-65.6°	9.7°
18:00	(17:42)	-66.3°	2.9°
21 de Diciembre			
Local	(Solar)	Azimuth	Altitude
06:30	(06:16)	113.3°	4.8°
07:00	(06:46)	113.4°	11.7°
07:30	(07:16)	113.8°	18.6°
08:00	(07:46)	114.7°	25.4°
08:30	(08:16)	116.1°	32.2°
09:00	(08:46)	118.1°	38.9°
09:30	(09:16)	121.1°	45.4°
10:00	(09:46)	125.4°	51.7°
10:30	(10:16)	131.6°	57.5°
11:00	(10:46)	140.6°	62.7°
11:30	(11:16)	153.6°	66.8°
12:00	(11:46)	171.0°	69.2°
12:30	(12:16)	-169.6°	69.1°
13:00	(12:46)	-152.5°	66.8°
13:30	(13:16)	-139.9°	62.4°
14:00	(13:46)	-131.0°	57.1°
14:30	(14:16)	-125.0°	51.2°
15:00	(14:46)	-120.8°	44.9°
15:30	(15:16)	-117.9°	38.4°
16:00	(15:46)	-115.9°	31.7°
16:30	(16:16)	-114.6°	24.9°
17:00	(16:46)	-113.9°	18.1°
17:30	(17:16)	-113.4°	11.2°
18:00	(17:46)	-113.3°	4.3°

Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 66.- Carta Solar ciudad de Cuenca



Elaboración: Grupo de Tesis

bido a que ésta se encuentra muy próxima a la línea Ecuatorial, la trayectoria solar se encuentra más cerca del cenit que del horizonte, teniendo en el solsticio de verano (21 de Diciembre) una mayor altura solar que en el solsticio de invierno

(21 de Junio), siendo respectivamente igual a 69,2° y 63,5° (ver Tabla N°28).

<sup>26</sup> Arquitectura Bioclimática, Víctor Armando Fuentes, pág. 50

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

### 2.1.4.- Otros Factores Ambientales

Existen otros elementos que no son estrictamente factores o elementos climáticos, pero que son frecuentemente examinados en el diseño bioclimático por el tipo de información que pueden brindar, estos son:

#### 2.1.4.1.- Composición Química de la Atmósfera

Lo que esencialmente se analiza es el grado de contaminación del aire y el tipo de elementos contaminantes. Generalmente se mide el contenido de NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno), SO<sub>2</sub> (Dióxido de Azufre) y O<sub>3</sub> (Ozono) en el ambiente, debido a que la presencia o ausencia de determinados elementos químicos en el aire o en el agua puede, con el tiempo, modificar notablemente el clima de una región. Por otro lado se encuentra el material particulado, pues su presencia puede dificultar la existencia de un adecuado confort respiratorio y peor aún atraer problemas en la salud de los seres vivos.

#### A) Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca (Gases Contaminantes)

El Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca y la Comisión de Gestión Ambiental de la Municipali-

dad de Cuenca a través de un Convenio de Cooperación Interinstitucional, desarrollaron la primera fase de la Red de Monitoreo Pasivo en la ciudad, la misma que inició en el mes de septiembre de 2005 y culminó en mayo de 2006.

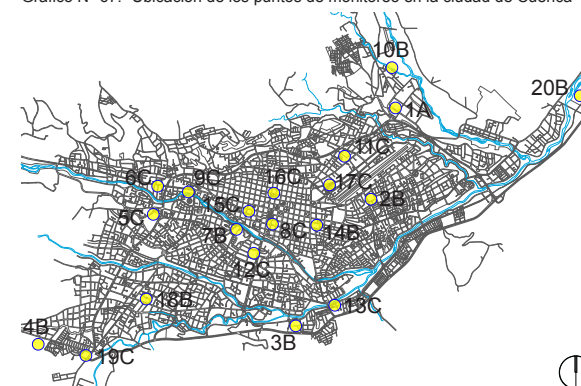
Este estudio consistió en el monitoreo de gases contaminantes como Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>) en 20 puntos ubicados en diferentes sectores de la ciudad, para lo cual como se puede observar en la Tabla N°29 y el Gráfico N°67, se establecieron cuatro clases de zonas: A: industria, B: residencia urbana (relacionado a la vivienda), C: tráfico urbano (orilla de carretera, exposición directa a emisiones), y zona rural (concentración de referencia). Los diferentes puntos se encuentran ubicados de manera que cubran toda la ciudad, siendo 20 los sitios seleccionados, en donde se considera la circulación vehicular, la presencia de establecimientos escolares, la circulación peatonal, etc., con la finalidad de determinar los 10 puntos más conflictivos. Para la interpretación de los resultados han utilizado los Valores Guía de Calidad del Aire para Dióxido de Nitrógeno y Ozono, recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). (Ver Tabla N° 30)

Tabla N° 29.- Sitios de monitoreo de gases contaminantes según zonas

ZONA	SITIO
1A	Caucho Industrias
2B	Colegio Herlinda Toral
3B	Universidad del Azuay
4B	Colegio Rafael Borja
5C	PAI del Arenal
6C	Estación de Servicio Eloy Alfaro
7B	Laboratorio Tecnológico
8C	Cuerpo de Bomberos
9C	Universidad Abierta de Loja
10B	Hospital Municipal
11C	Universidad Politécnica Salesiana
12C	Estación de Servicio Av. Solano
13C	Quinta Bolívar
14B	Antiguo Hospital del Seguro Social
15C	Residencia Calle Bolívar
16C	Residencia Calle Vega Muñoz
17C	Terminal Terrestre
18B	Velas Imperial
19C	Estación de Servicio Control Sur
20B	Machángara

Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca,CEA

Gráfico N° 67.- Ubicación de los puntos de monitoreo en la ciudad de Cuenca



Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca,CEA



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

De esta manera se pudo determinar que las “concentraciones de Ozono (O3) estadísticamente, son iguales en los diferentes puntos de monitoreo, encontrándose únicamente en la zona periférica de la ciudad en el punto 18 (Velas Imperial), un valor que sobrepasa los límites permisibles establecidos en la norma OMS (60 µg/m3).”<sup>27</sup>, también existen valores elevados en el sector del Hospital Municipal de la Mujer y la Universidad del Azuay, manteniéndose estos en los rangos de 28.99 a 30.75 µg/m3.

En lo referente al Dióxido de nitrógeno (NO2) los valores de concentración, son desiguales, pues se registraron elevadas concentraciones de este gas en el Centro Histórico de la ciudad en los puntos 8, 15 y 16 pertenecientes al Cuerpo de Bomberos, Residencia Calle Bolívar y Residencia Calle Vega Muñoz. Mientras que los sitios ubicados en la Av. Loja, Punto 7 (Laboratorio Tecnológico) y en la Av. Paseo de los Cañaris, Punto 2 (Colegio Herlinda Toral) presentan niveles bajos de NO2 y O3.

En la Tabla N°31 se pueden apreciar los resultados obtenidos en relación al NO2, en donde se evidencia que varias zonas no cumplen con las normas permitidas.

Es importante mencionar que la contaminación de algunos de los lugares que se encuentran en la mencionada tabla se debe directamente al tráfico vehicular como en las zonas del centro histórico (8, 15 y 16), y a la concurrencia masiva de la ciudadanía a muchos de estos sectores.

Esto se ha demostrado pues los niveles son mayores en los meses de octubre noviembre y diciembre a diferencia de finales de enero, lo cual coincide con una de las épocas mas conflictivas que corresponden al período navideño, todo esto es un indicativo de que la contaminación captada en los filtros de muestreo proviene básicamente de las emisiones vehiculares.

Considerando los puntos que no se especifican en la tabla antes mencionada, se puede decir que estos se encuentran dentro de los niveles permisibles, es decir no están expuestos a altos niveles de contaminación, esto puede deberse a que en algunas zonas al ser lugares abiertos, se facilita la dispersión de los contaminantes y aún más debido a la existencia de vegetación, la presencia de viento, etc.

Es así que después de haber realizado este estudio se pudo concluir que once

Tabla N° 30.- Valores guía de calidad del aire recomendados por la Organización Mundial de la Salud, según gases contaminantes.

CONTAMINANTE	PERIODO	UNIDAD	GUIA O.M.S.
NO2	1 año	µg/m3	40
O3	1 año	µg/m3	60

Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca, CEA

Tabla N° 31.- Sitios de monitoreo que presentaron valores más elevados de NO2

ITEM	SITIO
5	PAI del Arenal
6	Estacion de Servicio Eloy Alfaro
8	Cuerpo de Bomberos
9	Universidad Abierta de Loja
11	Universidad Politécnica Salesiana
12	Estacion de Servicio Av. Solano
14	Antiguo Hospital del Seguro Social
15	Residencia Calle Bolivar
16	Residencia calle Vega Muñoz
17	Terminal Terrestre
19	Estacion de Servicio Control Sur

Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca, CEA

<sup>27</sup> Estudio Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca, CEA, pág. 133



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

de los veinte puntos de monitoreo de NO<sub>2</sub> presentan valores mayores a los límites máximos establecidos por la OMS.

El Centro Histórico de la ciudad registra los mayores niveles de dióxido de nitrógeno, durante los nueve meses en los que se realizó el monitoreo. En los meses de octubre, noviembre y diciembre se registran los mayores niveles de NO<sub>2</sub> en la ciudad de Cuenca. No existen valores elevados de Ozono, y éstos son mayores en los sitios periféricos de la ciudad.”<sup>28</sup>

Por otra parte el (CEA) también realizó un estudio de los niveles de contaminación del aire en el Centro histórico de la ciudad, en relación a la presencia de gases como CO(0 – 500ppm), SO<sub>2</sub> (0-20ppm), NO (0-250), NO<sub>2</sub>(0-20ppm), compuestos orgánicos volátiles COV (0-200), para lo cual los sitios de monitoreo fueron seleccionados en función del número de vehículos, horarios de más alto tráfico, presencia de vendedores ambulantes, y ubicación de establecimientos educativos. De esta manera las mediciones se llevaron a cabo en doce sitios y en horarios de mayor tráfico vehicular, concluyendo que los niveles de COV, SO<sub>2</sub> y NO sobrepasan la normativa en todos los sitios medidos.

### B) Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca (Material Particulado)

El material particulado, cuya composición es muy diversa, dependiendo de la fuente de emisión, constituye uno de los principales problemas de contaminación atmosférica, es por ello que el CEA ha realizado una investigación en la ciudad con la finalidad de obtener mayor información respecto a la presencia de este material, para lo cual han establecido veinte sitios de muestreo en toda la ciudad, los mismos que son coincidentes con los sitios de monitoreo pasivo de NO<sub>2</sub> y Ozono.

Estas partículas estudiadas pueden definirse como materia sólida o líquida cuyo diámetro es superior al de una molécula pero inferior a 200µm, el polvo es el resultado de la pulverización o desintegración mecánica de materia sólida en partículas de menor tamaño mediante procesos de molienda, trituración y perforación. “Todas las partículas presentes en el aire cuyo tamaño es igual o inferior a 50µm se agrupan bajo la denominación de partículas totales en suspensión (PTS), las partículas que tienen diámetro igual o inferior a 10µm constituyen el PM<sub>10</sub>, mientras que aquellas que tienen un diá-

metro igual o menor a 2.5µm forman lo que se llama el PM<sub>2.5</sub>, siendo estas últimas las más perjudiciales para la salud humana debido a su capacidad de penetración hasta los alvéolos pulmonares.”<sup>29</sup>

Este análisis fue realizado en los 20 sitios en donde se efectuó el estudio de gases contaminantes, (ver Gráfico N°69) e igualmente se consideró el horario de mayor tráfico vehicular de 11:30 a 13:30h y se registraron los parámetros PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, obteniendo como resultado que 16 de los 20 sitios de muestreo presentan niveles máximos de PM<sub>10</sub> que sobrepasan la normativa ecuatoriana. En cuanto a PM<sub>2.5</sub> 19 sitios tienen niveles máximos que superan dicha normativa. De igual manera se pudo conocer que el mayor número de vehículos que circularon durante el tiempo de medición se presentó en el Terminal Terrestre.

En los Gráficos N° 68 y 69 se presentan los valores máximos, mínimo y promedio de PM<sub>10</sub> obtenidos en los veinte sitios de muestreo y se determinó que el

<sup>28</sup> Estudio Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca, CEA, pág. 146

<sup>29</sup> Idem, pág. 162



## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

113

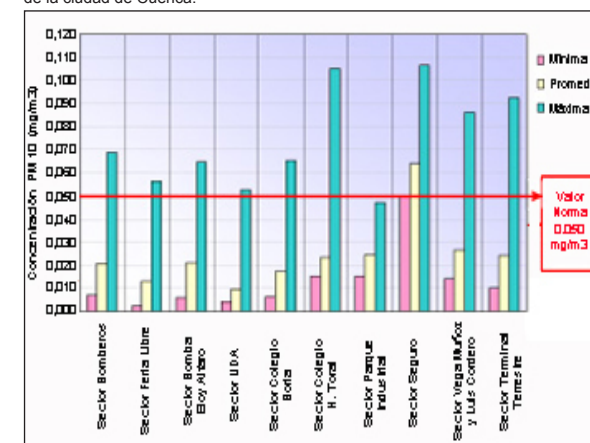
Sector de la Av. Solano es el lugar con mayor concentración de este material pues presenta valores máximos superiores a 0.050 mg/m<sup>3</sup> (valor norma), de igual manera se han detectado valores elevados en la Universidad Abierta de Loja y en el antiguo Seguro Social (Av. Huayna Cápac). Mientras que los valores promedio a excepción del Sector Av. Loja, se mantienen en todos los puntos por debajo de la normativa.

En los Gráficos N°70 y 71 se presentan los datos obtenidos de PM<sub>2.5</sub> para los 20 sitios de medición, en donde se puede apreciar que en todos los casos los valores máximos sobrepasan la normativa (0.150 mg/m<sup>3</sup>), principalmente en la zona del Terminal Terrestre. De igual manera en el sector del antiguo Seguro Social (Av. Huayna-Cápac), Av. Solano y la Universidad Abierta de Loja los niveles de PM<sub>2.5</sub> son considerablemente elevados. En cuanto a los valores promedio de PM<sub>2.5</sub>, los lugares que sobrepasan la normativa son el Parque Industrial, Av. Loja, Vega Muñoz y Luis Cordeiro, Terminal Terrestre, sector del Control Sur, Av. Solano, Universidad Abierta de Loja y antiguo Seguro Social. Por otra parte, éste mismo proyecto de

investigación ha establecido una correlación entre las concentraciones de material particulado y la circulación vehicular en los diferentes sitios de medición, determinando así que en la Av. Loja a pesar de que presenta los niveles más elevados de PM<sub>10</sub> no corresponde al sitio con el mayor recuento vehicular por lo que no se puede pensar que el material particulado es directamente proporcional a la circulación vehicular, pues existen demasiadas variables que van a influir en los niveles de dicho contaminante, tal es el caso de las condiciones climáticas, la arquitectura de la zona, la presencia de vegetación, las condiciones topográficas, la presencia de obstáculos, etc.

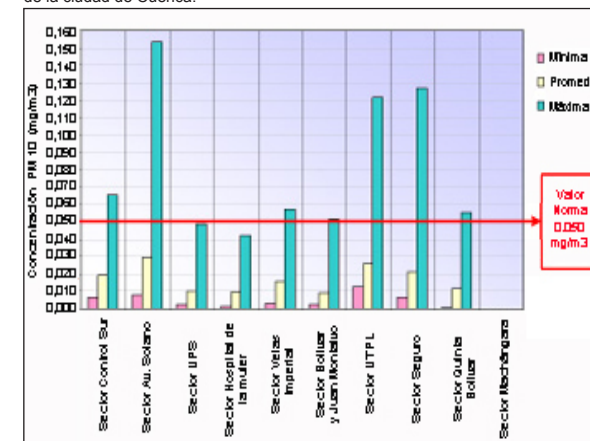
Los altos valores que se han registrado en esta zona pueden deberse a que la velocidad del aire es relativamente baja (1.1-1.4km/h), lo cual pudo haber impedido una rápida dispersión de los contaminantes, por otro lado el punto de muestreo al ubicarse cercano a un establecimiento educativo puede influir en los resultados. Finalmente la ausencia de sumideros como vegetación en el sector, también afecta la velocidad de dispersión, así como “la presencia de obstáculos (casas, edificios) que dan lugar a la forma-

Gráfico N° 68.- Concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub>, según sectores de la ciudad de Cuenca.



Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca,CEA

Gráfico N° 69.- Concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub>, según sectores de la ciudad de Cuenca.



Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca,CEA



ción de turbulencias en el aire que fluye por la zona, impidiendo la circulación normal del mismo, dando como resultado la estabilidad de los contaminantes.”<sup>30</sup>

Igualmente en el Sector Caucho Industrias tampoco se ha detectado un alto número de vehículos en circulación sin embargo presenta niveles de PM<sub>2.5</sub> por encima de los establecidos en la norma, lo que sugiere que esta contaminación no se debe a fuentes móviles, sino mas bien a fuentes fijas como chimeneas de calderos y hornos, de combustión.

Con respecto al Sector Vega Muñoz y Luis Cordero, la baja velocidad del viento (1.7 km/h) y la ausencia de sumideros podría ser la causa de la elevada concentración de PM<sub>2.5</sub>, la cual supera la normativa ecuatoriana, aun cuando la circulación de vehículos es baja, sin embargo la lenta circulación del aire, las presencia de calles estrechas y edificaciones elevadas, dificultan la dispersión del material particulado.

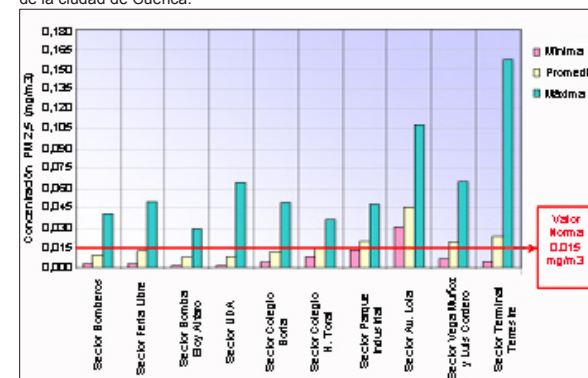
Otro de los puntos críticos es el Sector del terminal terrestre en donde a pesar de la elevada circulación vehicular la presencia de áreas verdes contribuyen como sumi-

deros y al ser un lugar abierto en cuanto a la distribución de las edificaciones, favorece la eliminación de material particulado.

De esta manera cada zona puede tener su explicación acerca de la presencia de material particulado, sin embargo en todos aquellos lugares en donde se sobrepasa los niveles permitidos el impacto a la salud humana es mayor.

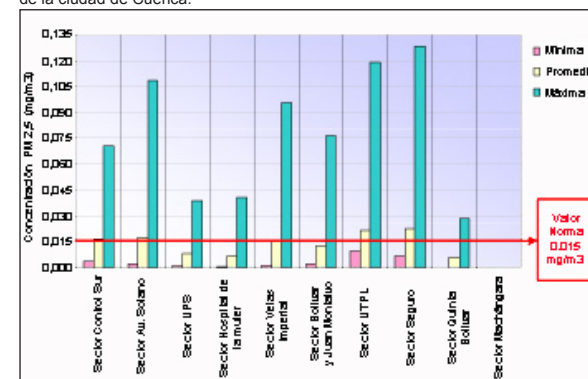
Como conclusión los investigadores de este proyecto han determinado que existen varios sectores en donde los niveles de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiente se encuentran por encima del valor que la Normativa Ecuatoriana establece para la Calidad del Aire Ambiente. Sin embargo se debe considerar que el monitoreo fue de corta duración y son varios los factores que tienen influyen en la concentración del material particulado.

Gráfico N° 70.- Concentraciones de material paarticulado PM<sub>2.5</sub>, según sectores de la ciudad de Cuenca.



Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca, CEA

Gráfico N° 71.- Concentraciones de material paarticulado PM<sub>2.5</sub>, según sectores de la ciudad de Cuenca.



Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca, CEA

<sup>30</sup> Estudio Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca, CEA, pág. 169

### 2.1.4.2.- Contaminación Acústica

Este es un factor que constituye una característica de tipo local importante de examinar por que pueden existir algunos factores tecnológicos capaces de producir sonidos o ruidos, constantes o periódicos, que afecten directamente el confort al interior de la vivienda y a sus ocupantes.

#### A) Contaminación Acústica en la Ciudad de Cuenca

El crecimiento del parque automotor además de afectar la calidad del aire de Cuenca, también afecta al ambiente acústico, es así que el Centro de Estudios Ambientales ha realizado un análisis mediante mediciones de niveles de ruido en 12 sitios que abarcan el Centro Histórico de la ciudad, considerando las horas de mayor tráfico vehicular como son: 8:00-9:00, 12:00-13:00 y 17:30-18:30.

El Gráfico N° 72 presenta los niveles máximos de presión sonora determinados en los puntos de medición en los tres horarios señalados. Todos los valores medidos sobrepasan la normativa establecida con respecto a ruido diurno que es de 60 dBA. Se ha determinado además que los

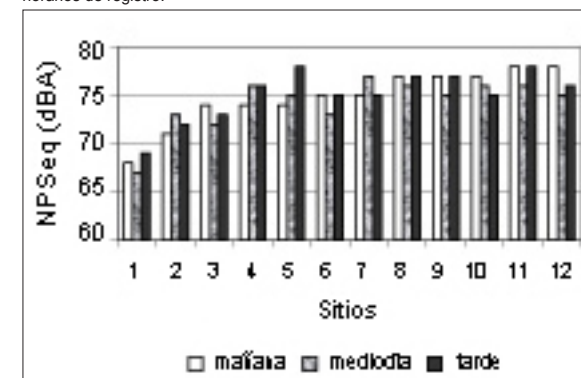
sitios de mayor ruido son aquellos en donde se tiene un porcentaje mas elevado de vehículos de transporte público (buses).

Por otra parte, el CEA ha efectuado también un estudio sobre los niveles de ruido presentes en toda la ciudad de Cuenca, cuyos resultados están representados en el Gráfico N° 73, en donde se puede apreciar que la zona del Centro Histórico, así como también los alrededores de la Av. Huayna Cápac, Av. España, y en la Av. de las Américas hacia el Sector Sur Oeste de la ciudad, presentan los más altos niveles de ruido, los mismos que llegan hasta los 80 dB aproximadamente.

### 2.1.4.3.- Iluminación Natural

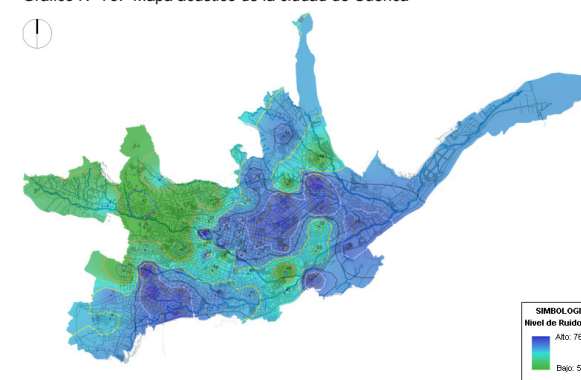
“La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida diaria. La mayor parte de la información que obtenemos a través de nuestros sentidos la obtenemos por la vista (cerca del 80 %).”<sup>31</sup> La fuente de luz natural puede ser directa, indirecta y difusa. La primera es la porción de luz natural que incide en un lugar específico proveniente directamente del

Gráfico N° 72.- Nivel de presión sonora máximo por puntos monitoreados y según horarios de registro.



Fuente: Estudio Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca,CEA

Gráfico N° 73.- Mapa acústico de la ciudad de Cuenca



Fuente: www.ceaucuenca.ec

<sup>31</sup> Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el Trabajo - Condiciones Necesarias para el Confort Visual, Fernando Ramos Pérez - Ana Hernández Calleja, pág. 46.7

sol. La luz solar indirecta es la que llega a un espacio determinado por reflexión generalmente en muros, pisos o cielo rasos. “La luz natural indirecta constituye un verdadero aporte a los sistemas de iluminación natural, mediante uso de superficies reflectoras que dirige la luz solar directa, por ejemplo aumentando la cantidad de luz natural disponible y mejorando su distribución.”<sup>32</sup> En cuanto a la luz natural difusa, es aquella proveniente de la bóveda celeste sin considerar el Sol.

Si bien la fuente primaria de luz natural es el Sol, desde el punto de vista de la iluminación diurna de edificios, la fuente de luz considerada primordialmente es la bóveda celeste, excluyendo la luz solar directa sobre los planos de trabajo por su gran capacidad lumínica que genera contrastes excesivos y causa deslumbramiento, si se usa este tipo de luz se debe buscar elementos que ayuden a direccionarla para que su ingreso se convierta en luz difusa.

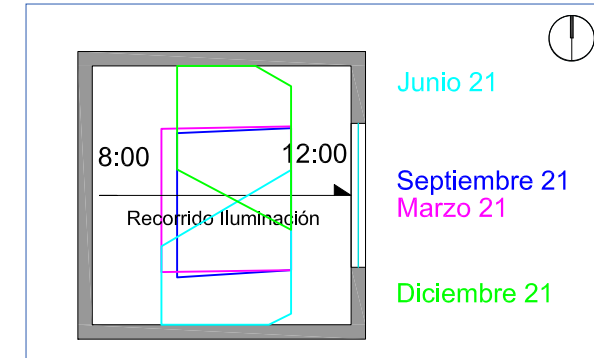
Para que se pueda entender de mejor manera el ingreso de iluminación en las edificaciones de la ciudad de Cuenca, se ha realizado un estudio de iluminación utilizando el programa Ecotect, ubicando

una ventana tipo de 1.5 m de ancho por 1.1 m de alto en el centro de la pared de una habitación considerando 0.9 m de antepecho, orientándolas en los diferentes puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste, obteniéndose los siguientes resultados en las diferentes estaciones, siendo estas los solsticios de junio y diciembre y los equinoccios de marzo y septiembre:

Considerando la ubicación de la ventana en la *fachada Este*, se puede ver en el Gráfico N° 74 que se contaría con iluminación directa en todos los meses del año pero únicamente en las mañanas hasta las 12 del medio día, en las horas de la tarde se contará únicamente con iluminación difusa o reflejada. Similar comportamiento presenta si se coloca la ventana en la *fachada Oeste*, en que se contará con iluminación en todos los meses del año pero únicamente en la tarde a partir de la 1pm (ver Gráfico N° 75).

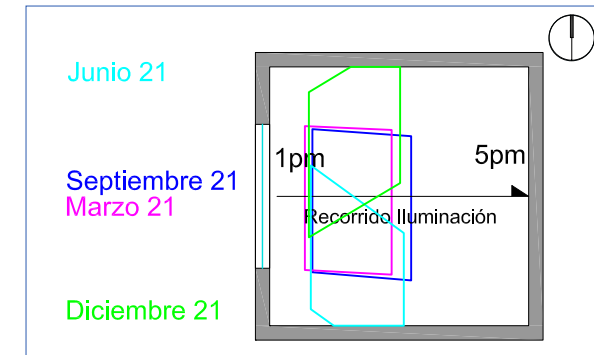
En el Gráfico N° 76 en que la ventana se ha ubicado en la *fachada Norte*, se puede ver que la iluminación directa del sol ingresa a la vivienda únicamente mientras más se acerca al solsticio de invierno (Junio) es decir desde el mes de Abril en todas las horas del día, hasta el mes

Gráfico N° 74.- Ingreso solar en ventana orientada al Este según solsticios y equinoccios.



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 75.- Ingreso solar en ventana orientada al Oeste según solsticios y equinoccios.



Elaboración: Grupo de Tesis

<sup>32</sup> Luz Natural e Iluminación en Interiores, Andrea Pattini, pág. 6

## II CAPÍTULO

## CLIMA Y REFUGIO

117

de Agosto en que el ingreso de luz disminuye. En los demás meses no existe ingreso de luz directa sino únicamente luz difusa o reflejada. De igual manera ocurre al ubicar la ventana hacia el Sur, pues se podrá contar con luz directa del sol cuanto esta se encuentre próxima al solsticio de verano (Diciembre), es decir desde el mes Octubre hasta el mes de Febrero en que el ingreso de luz directa disminuye (ver Gráfico N° 77).

Por otro lado a más de conocer el comportamiento de la iluminación directa en la ciudad, se debe tener claro el tipo de cielo con el que se cuenta, pues este puede ser descrito por su distribución de luminancias, lo que permite su utilización en los cálculos y en el análisis de sus efectos en el interior de una edificación. Según las características locales de la bóveda celeste y las estrategias de diseño se emplea la siguiente clasificación:

- Cielo cubierto: Dentro de esta clasificación incluye cuando la porción de nubes va desde los 70 a 100%, también se lo conoce como cielo uniforme, “un cielo cubierto es 2.5 a 3 veces mas luminoso en el cenit que en el horizonte, lo que hace que sea favorable la iluminación cenital

(ventanas altas o de techo), aprovechando así la parte mas luminosa de la bóveda celeste, sin los riesgos de excesivos contrastes debidos a la luz solar directa.”<sup>33</sup>

- Cielo parcialmente despejado: “Con presencia estacional del sol alternada por periodos de nubosidad variable (clima templado húmedo y cálido húmedo), la iluminancia en una superficie horizontal exterior no obstruida bajo este tipo de cielos puede variar entre 100.000 lux (sin nubes) y 10.000 lux (con nubes interceptando el sol). Este cielo es el más difícil de predecir por la enorme variabilidad que puede presentar y por lo tanto no se dispone de un modelo específico simple.”<sup>34</sup>

- Cielo claro: Se trata de una bóveda celeste donde el sol no esta obstruido por las nubes. Su relación de luminancias es de 1 en el horizonte a 0.5 en el cenit. “En condiciones de cielo claro el horizonte puede ser mas luminoso que el cenit.”<sup>35</sup>

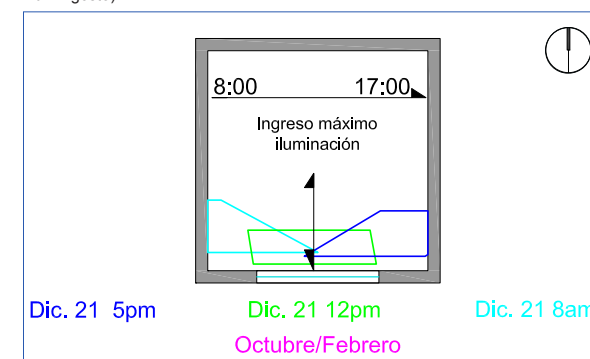
El tipo de cielo puede ser establecido mediante el análisis de frecuencia de ocurrencia de cielo claro o con nubes a partir de los datos meteorológicos locales. En el caso de la ciudad de Cuenca como se ha determinado anteriormente este presenta 6/8 de cielo cubierto considerándose por tanto un cielo parcialmente despejado.

Gráfico N° 76.- Ingreso solar en ventana orientada al Norte según horas (período Abril-Agosto)



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 77.- Ingreso solar en ventana orientada al Sur según horas (período Abril-Agosto)



Elaboración: Grupo de Tesis

<sup>33</sup> Luz Natural e Iluminación en Interiores, Andrea Pattini, pág. 7

<sup>34</sup> Idem, pág. 7

<sup>35</sup> Idem, pág. 7





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.- Estudio de Viviendas en Cuenca

#### 2.2.1.- Descripción

Considerando lo establecido en la Constitución del Estado, en el Capítulo II - Derechos del Buen Vivir, Sección sexta “Hábitat y Vivienda”, Artículo 30, “Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable y a una vivienda adecuada y digna con independencia de su situación social y económica”, se ha planteado como objetivo analizar el comportamiento de una muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca, para determinar criterios de diseño que busquen satisfacer las necesidades de confort higrotérmico, acústico, lumínico y respiratorio, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los usuarios haciendo mínima la necesidad de gastar energía para alcanzar condiciones ambientales adecuadas para la actividad humana.

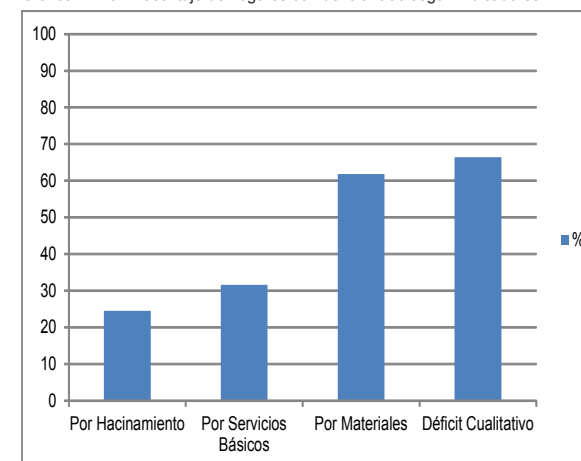
En base a los resultados obtenidos de la Encuesta de Condiciones de Vida, realizada en por el INEC en al año 2005, se ha podido conocer que el déficit cualitativo de viviendas en la Región Sierra se da principalmente por el estado de los materiales (ver Gráfico N°78), lo cual disminuye su capacidad para retener el calor y por otra parte generalmente las vivien-

das no son concebidas en base a los parámetros ambientales de su entorno ya sea por falta de concientización o porque no existe una normativa que regule estos aspectos, siendo éstas las causas por las que aún existen serias deficiencias en el aspecto cualitativo, específicamente respecto a aquellos estándares que inciden en el bienestar habitacional, de diseño, de calidad ambiental y constructiva.

#### 2.2.1.1.- Materiales y Métodos de Análisis

Para este estudio se ha realizado una investigación en campo, a través de la recolección de datos mediante instrumentos de medición tanto al interior como al exterior de la vivienda, considerando variables como la temperatura y humedad ambiente, temperatura radiante, humedad de los materiales de la envolvente y comportamiento acústico y lumínico. Se han escogido dos espacios de cada actividad que se desarrolla en la vivienda, siendo estos de tipo social (sala y comedor), de trabajo (cocina y estudio) y de descanso (dos dormitorios). Las mediciones fueron registradas durante el mes de junio, que corresponde al mes en donde se presenta el solsticio de invierno.

Gráfico N° 78.- Pcentaje de hogares con deficiencias según indicadores



Fuente: INEC- Encuesta de Condiciones de Vida - Quinta Ronda 2005 - 2006

En cuanto a la temperatura y humedad del ambiente, se han establecido cuatro horarios para el registro de datos, abarcando las diferentes etapas del día, es decir en la mañana (7:00), tarde (13:00), noche (21:00) y madrugada (3:00), pues en base al análisis realizado sobre el clima de Cuenca, se ha determinado que en estos puntos se presentan las mayores fluctuaciones de temperatura y humedad relativa. Los instrumentos utilizados para la determinación de la temperatura y humedad relativa son respectivamente el termómetro e higrómetro (ver Foto N° 1 y 2).



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

119

Con respecto a la temperatura y humedad de los materiales de la envolvente, se han establecido los mismos horarios explicados anteriormente con el propósito de determinar una relación entre estas variables. Estas mediciones han sido registradas obteniendo un promedio en cada una de las fachadas, así como también en el piso y cubierta. En el caso de la temperatura radiante, se han considerado tres materiales predominantes por cada fachada, con la finalidad de determinar las fugas térmicas de cada uno de éstos, mientras que la humedad se ha obtenido únicamente en el material predominante de cada fachada. Los instrumentos utilizados para esto fueron el termómetro infrarrojo e higrómetro (ver Foto N° 3 y 4).

En relación a la iluminación, se ha realizado una medición en la mañana (9:00) y una en la tarde (15:00), que son las horas en donde existe un mayor ingreso de iluminación en las viviendas. Además se ha registrado la superficie de ventanas, con el fin de conocer la relación existente entre este valor y el área de cada ambiente. El instrumento empleado para este fin es un luxómetro (ver Foto N° 5).

Finalmente para el análisis del compor-

Foto N° 1.- Termómetro



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 2.- Higrómetro (Humedad relativa ambiente)



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 3.- Termómetro Infrarrojo



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 4.- Higrómetro (Humedad de los materiales)



Fuente: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

tamiento acústico se han tomado en cuenta las horas en donde se registra un mayor nivel de ruido según el estudio de contaminación acústica en la ciudad de Cuenca realizado por el Centro de Estudios Ambientales, siendo éstas las 8:00, 13:00 y 18:00 además de las 21:00 y 3:00, pues se ha considerado importante analizar el nivel de sonido que se registra al interior y al exterior de la vivienda en las horas de descanso. Para el registro de estos datos se ha utilizado un sonómetro (ver Foto N° 6).

Adicionalmente se ha realizado un levantamiento general de las plantas arquitectónicas, datos generales de las viviendas, un registro fotográfico de las fachadas de la edificación y se ha obtenido el ángulo de inclinación que presenta la vivienda con respecto al Norte.

### 2.2.1.2.- Universo y Muestra

El universo de este estudio está conformado por viviendas unifamiliares, de tipo casa o villa, considerando que es el que prevalece en la ciudad de Cuenca según los resultados obtenidos en el Censo de Población y vivienda del año 2010. Para la muestra se ha considerado dos ti-

pos de implantación predominantes, que son aislados y entre medianeras, tomado seis viviendas de cada una, las cuales están distribuidas buscando cubrir las diferentes zonas de la ciudad (ver Gráfico N°79). A su vez de cada grupo se han seleccionado tres edificaciones orientadas al Norte o Sur y tres al Este u Oeste, con el fin de conocer cuáles son las ventajas y desventajas que presentan cada una de éstas. De igual manera, la selección del sistema constructivo de las viviendas, se ha realizado en función de la tipología que predomina en la ciudad de Cuenca, es decir ladrillo y bloque, categorizado así por el INEC (ver Tabla N°32).

### 2.2.1.3.- Variables Analizadas

#### A) Comportamiento Higrotérmico:

##### - Temperatura y Humedad Ambiente

El comportamiento higrotérmico es una de las variables más importantes a tomar en consideración en el análisis bioclimático de las viviendas, ya que influye directamente en el confort térmico que pueden alcanzar los usuarios, pues este se refiere básicamente a un estado de bienestar en el individuo, pero desde el punto de

Foto N° 5.- Luxómetro



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 6.- Sonómetro



Fuente: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

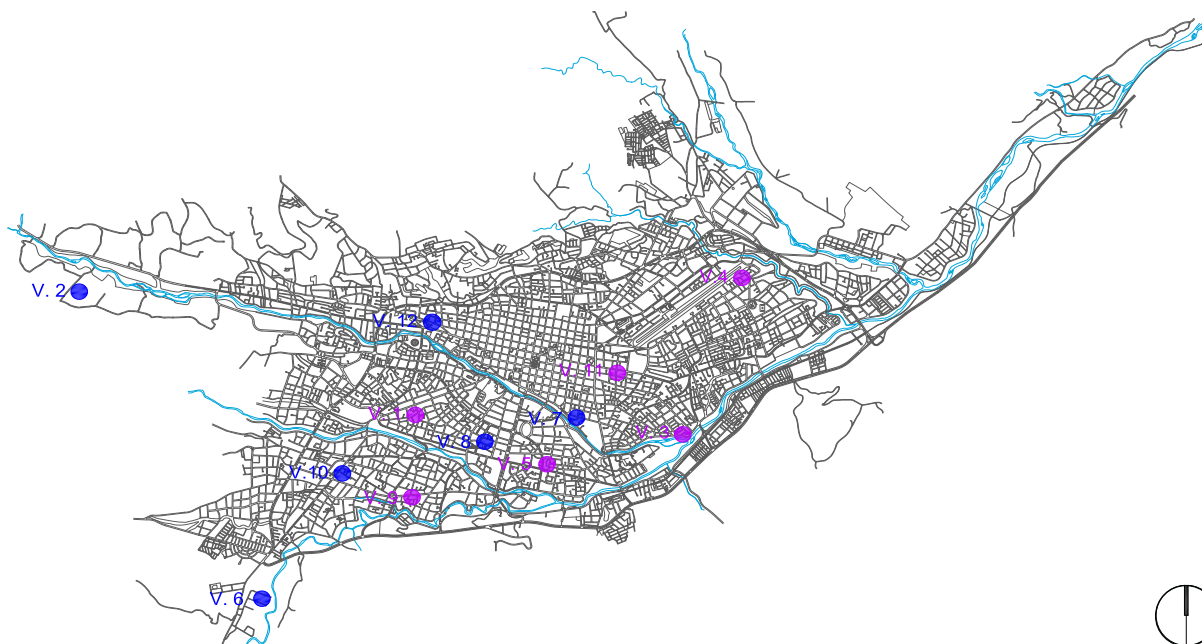
## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

121

vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad. El confort térmico es un estado de percepción ambiental momentáneo, el cual ciertamente está determinado por muchos factores, los cuales pueden ser intrínsecos o internos del individuo como la edad, sexo, grado de actividad metabólica, etc. y extrínsecos o externos que no dependen de la persona, como son el grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, factores ambientales como la temperatura del aire, temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, entre otros.

Cuando se habla de confort térmico es necesario considerar las relaciones que existen entre el medio ambiente térmico y las sensaciones fisiológicas y psicológicas que experimentan las personas frente a las condiciones impuestas por dicho ambiente. Dentro de estas condiciones, la temperatura del aire es uno de los factores más importantes que determinan el nivel de confort térmico, ya que mientras mayor sea la diferencia entre la temperatura del aire y la del cuerpo humano, mayor será el flujo de calor. La temperatura del aire óptima en la cual

Gráfico N° 79.- Ubicación de la muestra de viviendas estudiada en la ciudad de Cuenca



Elaboración: Grupo de Tesis.

Tabla N° 32.- Viviendas en la ciudad de Cuenca según sistema constructivo

CATEGORIA	CASOS	PORCENTAJE
Hormigon	3840	4,45
Ladrillo, Bloque	73211	84,82
Adobe	7614	8,82
Madera	1333	1,54
Caña revestida	189	0,22
Caña no revestida	17	0,02
Otros	113	0,13
TOTAL	86317	100

Fuente: VII Censo de población y VI de vivienda - 2010



el cuerpo disipa adecuadamente el calor generado depende de varios factores, entre ellos la aclimatación del individuo juega un papel importante, ya que por ejemplo una persona acostumbrada a vivir en un clima frío soporta temperaturas más bajas que otra que no lo está.

Esta temperatura óptima (la cual es llamada comúnmente temperatura neutra), representa un punto en la escala térmica, por ello es más conveniente hablar de un rango de temperatura en el cual el individuo expresa satisfacción térmica con el ambiente, a esto se lo conoce también como zona de confort, la cual es aquella dentro de la cual el cuerpo humano no realiza ningún esfuerzo en sus sistemas circulatorio y de secreción de sudor para adaptarse al medio, esfuerzo que lógicamente le resta energías para realizar otras actividades y que le produce incomodidad.

Este rango de confort térmico ha sido definido de distinta manera por varios autores, ya sea a partir de modelos matemáticos, fórmulas o gráficas, siendo el ábaco o diagrama psicrométrico uno de los más utilizados. Es así que para el análisis de las viviendas en donde se han registra-

do las mediciones se ha considerado el diagrama desarrollado por V. Olgyay, el cual establece que la zona de confort se extiende desde los 21 °C hasta los 27 °C, para las regiones con climas tropicales hasta 2000msnm y ha sido adaptado por el Nienhuys - Lara ( Manual asoleamiento y sus aplicaciones para el diseño climatológico de la vivienda en el Ecuador) para alturas entre los 2000 y 3000 msnm, determinando un rango de confort que se amplía desde los 17 °C hasta los 27°C, mientras que para la humedad relativa se encuentra entre el 20 y 80%.

De esta manera para el estudio del comportamiento higrotérmico de las viviendas, se ha establecido que los ambientes cuya temperatura y humedad se encuentren dentro de estos respectivos rangos, presentan condiciones de confort. Para esto se han registrado mediciones tanto al interior (diferentes ambientes) como exterior de la vivienda, con el objetivo de analizar las diferencias entre estos valores.

- Temperatura Radiante

Además de la Temperatura y Humedad del aire, se ha analizado la tempera-

tura de las superficies de la envolvente de la vivienda que se conoce como temperatura radiante y que constituye generalmente uno de los parámetros ambientales que es menos frecuentemente tomado en consideración en la evaluación o diseño de las edificaciones. No obstante, en espacios cerrados puede ser un parámetro determinante, ya que influye directamente en el nivel de la Temperatura de sensación o sensación térmica, por lo que es uno de los parámetros más valiosos para el análisis del comportamiento térmico de un espacio así como también para la determinación de los posibles niveles de confort.

“Teniendo presente que el calor por radiación se intercambia cuando existen diferencias de temperatura, generalmente desde un cuerpo caliente a un frío, la temperatura radiante de las paredes, el suelo y la cubierta, de una habitación, puede dar una sensación de calor o frío a sus ocupantes, independientemente de la temperatura del aire contenido en su interior”<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Tesis Doctoral Reacondicionamiento Bioclimático de Viviendas de Segunda Residencia en Clima Mediterráneo, *Katia Simancas*, pág. 6

Si bien no existen rangos de confort para esta variable, “el programa Life (ITEC, OCT-COAC Departament de Construccions Arquitectòniques I, ETSAB, 1998), sostiene que ésta debe equivaler a un valor muy cercano al de la temperatura del aire, de donde la diferencia entre la temperatura ambiente y la de las paredes no debe ser superior a 3°C, mientras que con el techo no debe ser mayor a 2°C, a excepción de las superficies vidriadas, puertas o claraboyas.”<sup>37</sup> Es así que se ha considerado este criterio para evaluar el grado de confort térmico al interior de las viviendas, así como también se ha analizado la diferencia entre la temperatura de la superficie exterior e interior de la vivienda, con el propósito de conocer la capacidad de los materiales para conservar el calor en el transcurso del día.

### - Humedad de la Envolvente

En general la humedad en viviendas se presenta en forma de vapor de agua o en estado líquido debido a fenómenos climáticos o el uso cotidiano del inmueble, como por ejemplo el vapor de agua en las duchas, la cocción de alimentos y el secado de ropa dentro de la casa. Específicamente los fenómenos de lluvia, con-

densación (superficial o intersticial), higroscopicidad de materiales (capacidad de los materiales para absorber la humedad atmosférica), ascenso de agua por capilaridad, filtraciones habituales producidas por deficiencias en el diseño y mantenimiento de la edificación, entre otros, son algunos de los causantes de generación de humedad en la vivienda, lo que desarrolla efectos negativos sobre el nivel de confort de los usuarios, crecimiento de microorganismos, costos de mantenimiento, afectación de las capacidades estructurales de los elementos, estética de la edificación, etc. De esta manera el fenómeno de humedad en los materiales de construcción genera una gran cantidad de problemas, afectando aspectos tales como la seguridad, durabilidad, habitabilidad y estética de las viviendas.

De igual manera la humedad deteriora la capacidad de aislación térmica que tienen los materiales que, en el caso de elementos envolventes de los edificios habitacionales, puede causar importantes pérdidas de calor que disminuyen los estándares de confort y en consecuencia elevan los gastos de energía en calefacción. Esto se produce debido a que la presencia de agua en el material aumenta

considerablemente su conductividad térmica (capacidad intrínseca que poseen los materiales para dejar pasar el calor), ya que cuando un material de construcción se impregna de humedad, el aire es expulsado de los poros y en su lugar aparece agua, la cual posee una conductividad térmica 25 veces mayor que el aire; por lo tanto la impregnación de humedad aumenta la conductividad del material y disminuye su protección térmica.

Es así que se ha considerado importante realizar un análisis sobre la presencia de humedad en los materiales de las viviendas estudiadas y su influencia en el confort térmico de las mismas, para lo cual mediante un higrómetro se han registrado valores en la superficie interna y externa del material predominante en la envolvente de la edificación. Estos datos medidos no corresponden a un porcentaje de humedad, sino que a partir de la densidad de cada material, de acuerdo a la Tabla N°33 ha sido posible determinar si el mismo se encuentra en un estado muy seco, normal seco, semi

<sup>37</sup> Tesis Doctoral Reacondicionamiento Bioclimático de Viviendas de Segunda Residencia en Clima Mediterráneo, *Katia Simancas*, pág. 7



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

seco, húmedo, muy húmedo o empapado. Estas mediciones se realizaron a las 7:00, 13:00, 21:00 y 3:00 con el objetivo de determinar la variación del contenido de humedad en los materiales en el transcurso del día.

### B) Comportamiento Acústico:

El confort acústico de un ambiente se consigue cuando dentro del mismo los sonidos que se presentan son compatibles con el uso y las actividades que en éste se realizan, mientras que la contaminación acústica se da por la presencia de ruido, el cual es un tipo de sonido generalmente desagradable, por lo que siempre ha sido un problema ambiental importante para el ser humano, sobre todo en las zonas urbanas debido a las diferentes fuentes de emisión a las que se encuentra expuesta como son el tránsito automotor, aéreo, la construcción, obras públicas y el vecindario.

“El ruido característico de un vecindario proviene de locales tales como restaurantes, cafeterías, discotecas, etc.; música en vivo o grabada; competencias deportivas (deportes motorizados), áreas de juegos, estacionamientos y

animales domésticos, como el ladrido de los perros. En las grandes ciudades de todo el mundo, la población está cada vez más expuesta al ruido urbano debido a las fuentes mencionadas y sus efectos sobre la salud se consideran un problema cada vez más importante”<sup>38</sup>

Los efectos específicos de este fenómeno son la interferencia con la comunicación, pérdida de audición, trastorno del sueño, reducción del rendimiento, molestia y efectos sobre el comportamiento social, entre otros. Es así que desde 1980, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha abordado el problema del ruido Urbano, relacionadas con la salud planteando guías que han servido de base para el desarrollo de normativas sobre el manejo del ruido, además ha establecido una serie de recomendaciones a tener en cuenta, detalladas en la Tabla N°34. Como se puede apreciar en dicha tabla, para exteriores en una zona residencial durante la noche, el límite máximo recomendado es de 45 dB, mientras que en el dormitorio para un descanso apropiado el nivel de sonido no debe exceder los 30 dB para el ruido continuo de fondo y se debe evitar el ruido individual por encima de 45 dB, durante el día en esta zona se permite has-

Tabla N° 33.- Estado del material por valores registrados y según densidad.

DENSIDAD Kg/m <sup>3</sup>	MUY SECO	NORMAL SECO	SEMI SECO	HÚMEDO	MUY HÚMEDO	MOJADO
> 600	10-20	20-40	40-60	60-90	90-110	> 110
600-1200	20-30	30-50	50-70	70-100	100-120	> 120
1200-1800	20-40	40-60	60-80	80-110	110-130	> 130
> 1800	30-50	50-70	70-90	90-120	120-140	> 140

Fuente: Catálogo Higrómetro

Tabla N° 34.- Límites de presión sonora recomendados según efectos.

LÍMITE	EFEECTO
70 dBA	Riesgo despreciable para el aparato auditivo
75 dBA	Riesgo despreciable para el aparato auditivo
30 dBA	Excelente inteligibilidad oral
55 dBA	Inteligibilidad oral razonablemente buena
30 dBA	Sin disturbios del sueño (dentro del dormitorio)
45 dBA	Sin disturbios del sueño (picos dentro del dormit.)
45 dBA	Sin disturbios del sueño (fuera del dormitorio)
55 dBA	Exteriores en áreas residenciales durante el día
45 dBA	Exteriores en áreas residenciales durante la noche

Fuente: Organización Mundial de la Salud (O.M.S)

Tabla N° 35.- Límites de presión sonora recomendados por horarios y según espacios de la vivienda

ESPACIO / ACTIVIDAD	DÍA dB(A)	NOCHE dB(A)
Dormitorio	40	30
Servicios y Zonas Comunes	50	50
Otras Piezas	45	40

Fuente: Organización Mundial de la Salud (O.M.S)

<sup>38</sup> Guías para el Ruido Urbano, Organización Mundial de la Salud, pág. 3



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

125

ta 40 dB al contrario de otras piezas que pueden llegar hasta 45 dB y 40 dB en la noche como se indica en la Tabla N° 35. “Para proteger a la mayoría de las personas de ruidos muy molestos durante el día, el nivel de sonido exterior proveniente del ruido continuo no debe exceder 55 dB (A) en balcones, terrazas y áreas exteriores, mientras que al interior no debe exceder 50 dB (A) en zonas comunes o de servicio”<sup>39</sup>.

De igual manera para el caso de Ecuador la Dirección de Medio Ambiente presenta una norma que rige en todo el territorio nacional y tiene como objetivo preservar la salud y bienestar de las personas y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido emitidos por las fuentes fijas y móviles ubicadas en las cercanías de los lugares de descanso y similares como áreas residenciales, teniendo así un nivel máximo de 55dB durante el día y de 45 dB desde las 20h00 hasta las 06h00. Según un informe de la Organización Mundial de la Salud, OMS, el nivel perjudicial para el oído humano se encuentra alrededor de los 90 decibeles. Debido a que no se cuenta con una norma más detallada sobre los niveles del

sonido permitidos en los diferentes ambientes de la vivienda se ha considerado algunas normas internacionales como las establecidas por la Organización Mundial de la Salud (ver Tabla N°35) y recomendaciones de autores tales como Cavanaugh y Wilkes que se pueden apreciar en la Tabla N°36.

Por otra parte es importante tener en consideración que la temperatura influye en la velocidad del sonido, pues la propagación de las ondas sonoras varían en función del medio que las transporta es por ello que a mayor temperatura más rápido se transmite el sonido. Además la acústica de un ambiente también depende de las características de absorción y reflejo de los materiales que lo componen y de su forma, ya que en superficies planas el sonido se refleja con un ángulo igual al de incidencia, en tanto que en superficies cóncavas el sonido tiende a concentrarse y en superficies convexas tiende a dispersarlo.

### C) Comportamiento Lumínico:

La iluminación natural constituye una alternativa válida para la iluminación de interiores, pues presenta algunas ventajas

Tabla N° 36.- Límites de presión sonora recomendados por horarios y según espacios de la vivienda

ESPACIO / ACTIVIDAD	NIVEL dB(A)
Taller, Estacionamiento	52-65
Cuarto Computadora	52-61
Sala, Comedor	38-47
Corredores	47-56

Fuente: Varios autores

como estar provista de una fuente de energía renovable, implica ahorro de energía de hasta un 90% en edificios residenciales, puede proporcionar niveles de iluminación mas elevados en las horas diurnas que los obtenidos con la luz eléctrica, etc. El sol, el cielo, las obstrucciones naturales (plantas, montañas) y artificiales (edificios, construcciones) contribuyen al grado de variación de iluminación natural de los interiores. Esta variación puede cambiar parcialmente debido al movimiento del sol y los cambios en las nubes. Sin embargo es necesario contar con una adecuada iluminación según las actividades que se realicen en cada ambiente. Para lo cual se ha considerado lo establecido en la Ordenanza de la ciudad de Cuenca, la misma que

<sup>39</sup> Guías para el Ruido Urbano, Organización Mundial de la Salud, pág. 8

indica que el área total de ventanas para iluminación debe ser como mínimo el 15% del área del ambiente.

Para el análisis del comportamiento lumínico al interior de las viviendas, las mediciones de iluminación registradas han sido comparadas con normas internacionales establecidas por algunos autores tales como Muñoz, Steegman y Rodríguez Viqueira autor del libro Introducción a la Arquitectura Bioclimática, en donde se han considerado los niveles de iluminación óptimos y máximos para cada ambiente de la vivienda, los mismos que pueden ser apreciados en la Tabla N°37.

Tabla N° 37.- Niveles de iluminancia recomendados, por rangos de iluminación y según los diferentes ambientes de una vivienda.

AMBIENTES	VIVIENDA	ILUMINACIÓN OPTIMA (LUX)	ILUMINACIÓN MAXIMA (LUX)
Escalera	General	100	
Dormitorio	General	200	600
	Cama y Espejos	350	
Sala y Estar	General	300	600
	Lectura, Costura	500	
Estudio	General	500	750
Comedor	General	200	400
Cocina	General	300	600
	Zonas Trabajo	500	
Baño	General	100	
	Espejos	500	

Fuente: Introducción a la arquitectura bioclimática y otros autores

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.- Análisis de la Muestra de Viviendas

#### 2.2.2.1.- Vivienda N° 1

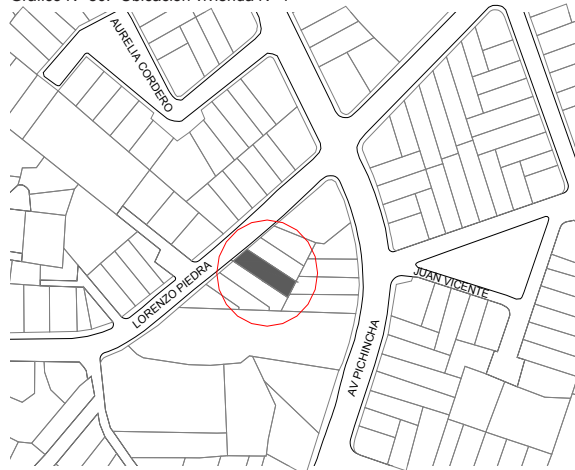
Las mediciones de la vivienda N°1 fueron registradas el 10 de junio de 2011, se encuentra dentro del grupo de viviendas adosadas con una orientación hacia el Noroeste y un ángulo de inclinación de 295 grados con respecto al Norte. Se ubica en la calle Lorenzo Piedra y Pichincha como se puede ver en el Gráfico N° 80, siendo esta una zona residencial con un flujo bajo de vehículos.

Su área de construcción esta entre los 247 m<sup>2</sup>, siendo esta de dos pisos más una buhardilla, los espacios considerados para la toma de datos son los siguientes: en planta baja, *la sala y estudio* dirigidos hacia el Noroeste cuyas áreas son de 15.5 m<sup>2</sup> y 8 m<sup>2</sup> respectivamente, el *comedor y cocina* dirigidos hacia el Sureste con superficies de 10 m<sup>2</sup> y 11.5 m<sup>2</sup>. De igual manera en planta alta el *dormitorio 1* se encuentra hacia el Noroeste y cuenta con un área de 11.3 m<sup>2</sup> y el *dormitorio 2* dirigido al Sureste con un área igual a 10.5 m<sup>2</sup>. En la buhardilla se encuentra únicamente una habitación con su baño respectivo (ver Gráfico N°81).

El material que predomina en las pare-

des de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido y pintado, la cual consiguen un ancho de 19 cm. Con respecto al piso este es de madera en todos sus ambientes a excepción de los baños, cocina y un estar ubicado en planta baja. El techo es de teja mientras que hacia el interior su cielo raso es de estuco. Con respecto al exterior de la vivienda, en la parte posterior cuenta con un jardín, mientras que hacia el frente es un garaje por lo que su piso es de hormigón.

Gráfico N° 80.- Ubicación vivienda N° 1



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 7.- Fachada Noroeste



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 8.- Fachada Sureste



Fuente: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

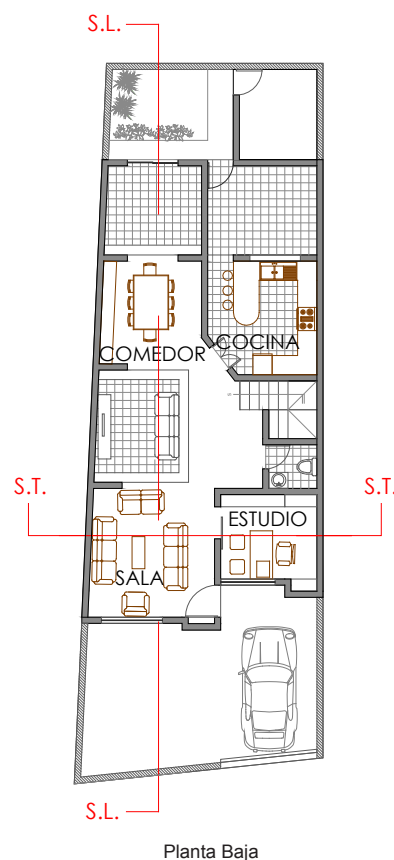
### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

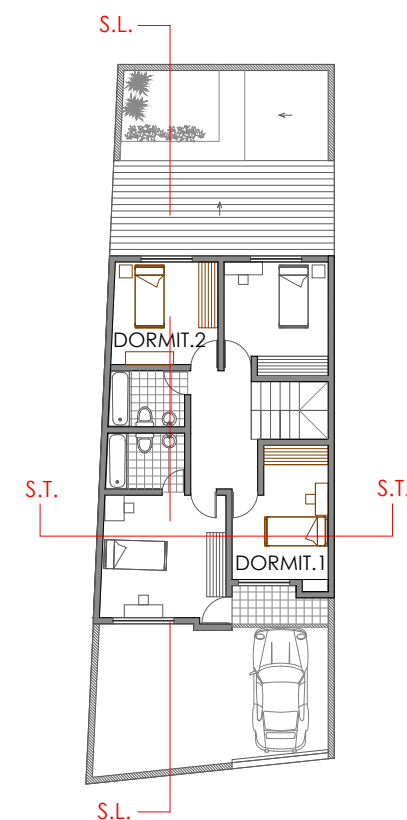
Las temperaturas mínimas se registran en los ambientes de planta baja, sobre todo a las 7:00 y 3:00 del siguiente día, mientras que las temperaturas más altas se las registra a la 13:00 tanto en planta baja como en planta alta. Por otro lado la diferencia de las temperaturas máxima y mínima del exterior es de 9°C, al interior en planta baja es de 2.5 a 3°C y al interior en planta alta de 1.4°C.

En el Gráfico N° 82 se puede observar que las curvas de temperatura de los diferentes ambientes es la misma, baja a las 7:00 pero con una temperatura superior a la del exterior con 4, 5 y 6 °C, mientras que a las 13:00 se invierte, pues el exterior se encuentra con mayor temperatura que al interior con un máximo de 2°C de diferencia, sin embargo para las 21:00 los valores se encuentran nuevamente invertidos alcanzando los 3°C de diferencia y continua bajando de 1 a 2°C más al interior y exterior. De esta manera se puede ver que la variación de temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 16.9°C

Gráfico N° 81.- Plantas arquitectónicas



Planta Baja



Planta Alta

S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal

Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

129

y los 20.6°C. En planta baja y en planta alta varía entre los 18.8 y 20.2 °C.

Con lo que se puede determinar que la vivienda se encuentra dentro del rango de confort, aun que los ambientes de planta baja a las 7:00 y 3:00 se encuentra dentro del mínimo límite de confort aceptado.

En cuanto a los ambientes ubicados hacia el Noroeste y Sureste no se encuentra mayores diferencias, pues presentan resultados similares de temperatura ambiente.

### - Humedad Relativa

Los porcentajes más altos de humedad se registran a las 7:00 y va bajando hasta llegar al mínimo porcentaje a las 13:00, vuelve a subir aunque sin mucha variación hasta las 21:00 y continúa subiendo con mayor variación hasta las 3:00 del siguiente día. En todos los casos se repite de la misma manera a excepción de la sala en la que obtiene su menor porcentaje a las 21:00.

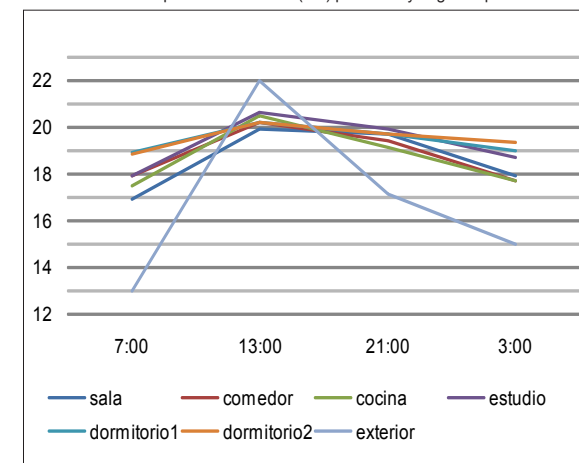
En el Gráfico N° 83 se puede observar que el valor de humedad al exterior es la misma que presenta la sala y el estudio, mayor a la que presentan los dormitorios

en planta alta e inferior al porcentaje de humedad que presenta la cocina, lo cual se debe a que es una zona de cocción de alimentos. Sin embargo de manera general esta es mayor al exterior que al interior a las 7:00, hacia las 13:00 se invierte y los porcentajes de humedad al interior son mayores que al exterior, pasada esta hora se vuelve a invertir y nuevamente los valores de humedad al interior son mayores que al exterior.

Hacia el exterior se encuentra un máximo porcentaje de humedad de 63% a las 7:00 y 3:00, mientras que el mínimo porcentaje es de 56% a las 13:00. Con respecto a los valores del interior, su variación máxima es de 65% (7:00) y la mínima se encuentra en los 58% (13:00). En relación a su orientación los valores de humedad encontrados en las fachadas Noroeste y Sureste son similares. Finalmente se puede concluir en que la humedad relativa de los diferentes ambientes se encuentran dentro de los rangos aceptados

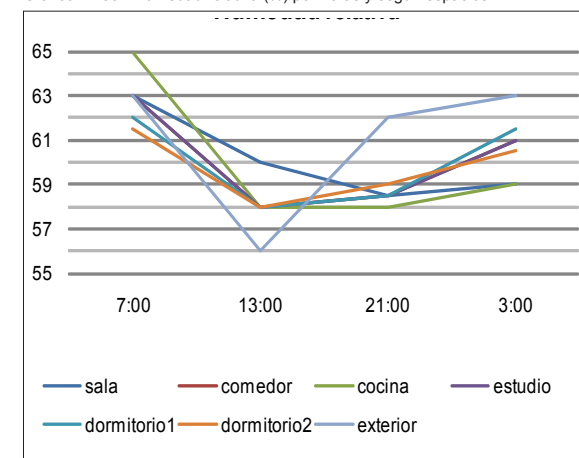
Considerando la temperatura ambiente y la humedad relativa al interior de la vivienda se puede ver que hay mayores porcentajes de humedad cuando las temperatu-

Gráfico N° 82.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 83.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

ras de los diferentes ambientes presentan los menores valores (7:00, 21:00 y 3:00) y de igual manera se registra menores porcentajes de humedad cuando las temperaturas son las máximas (13:00).

### - Temperatura Radiante

Como se mencionó anteriormente el material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido y pintado en ambas caras en esta se ha determinado los valores de temperatura y humedad interna y externa en las fachadas Noroeste y Sureste.

En la fachada Noroeste se puede ver en el Gráfico N° 84 que los valores de la temperatura de la pared al exterior son mayores a la temperatura ambiente externa variando con 1°C a las 7:00 y 3:00, con 2°C a las 13:00 y manteniéndose con la misma temperatura a las 21:00. Con respecto a la temperatura de la pared al interior a las 7:00, esta es mayor a la tomada en la cara externa con 3.5°C, a las 13:00 la cara externa aumenta su temperatura en relación a la cara interna, en 2.3°C. Comparando los dos resultados de temperatura en la cara externa se ve un aumento de 6.9°C.

En las siguientes horas en la cara externa la temperatura empieza a bajar en 4°C hasta las 21:00 y 1°C más hasta las 3:00, mientras que en la cara interna la temperatura sigue aumentando hasta las 21:00 1.7°C y empieza a disminuir lentamente, pues hasta las 3:00 ha bajado menos de 1°C.

Con respecto a la misma fachada, las ventanas de vidrio, los datos de temperatura de estas al exterior varían en 1°C con respecto al interior, siendo mayor la temperatura de la cara interna a las 7:00, 21:00 y 3:00, y únicamente a las 13:00 se da lo contrario obteniéndose al exterior mayor temperatura que al interior aunque su diferencia es de 0.3°C. Comparando los datos de temperatura ambiente externa y la temperatura del vidrio al exterior, estos son casi similares.

En cuanto a la madera se puede ver que en comparación al ladrillo macizo este adquiere temperaturas al exterior, iguales o menores a excepción de las 13:00 en que su temperatura es más elevada. Hacia el interior de igual manera a la 13:00 aumenta su valor, pero luego empieza a disminuir, manteniéndose mayor su temperatura en 2°C con respecto a la cara externa.

Al analizar las paredes orientadas al Sureste se puede notar que su comportamiento es similar al de las paredes orientadas al Noroeste, con la diferencia de que en esta su temperatura en cada hora es menor sobre todo en la cara externa en donde varía hasta 2.7°C mientras que al interior su variación fue de hasta de 1.8°C.

De igual manera al analizar el vidrio de esta fachada se puede ver que sus resultados también muestran una menor temperatura en relación a la primera fachada analizada, sin embargo la diferencia entre estas es mínima pues el vidrio mantiene casi la misma temperatura que se encuentra en el ambiente externo.

Por otro lado en esta fachada se cuenta con una puerta de aluminio, la cual presenta un comportamiento parecido al vidrio, pues no retiene el calor adquirido durante el día presentando resultados similares en la cara interna y externa a las 21:00 y 3:00, las mismas que coinciden con la temperatura ambiente externa. A las 7:00 la temperatura interna es mayor que la externa en 0.9°C y a las 13:00 su valor al exterior es mayor que en el interior en 3.3 °C. Las paredes orientadas hacia el Noreste y Suroeste al encontrar-

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

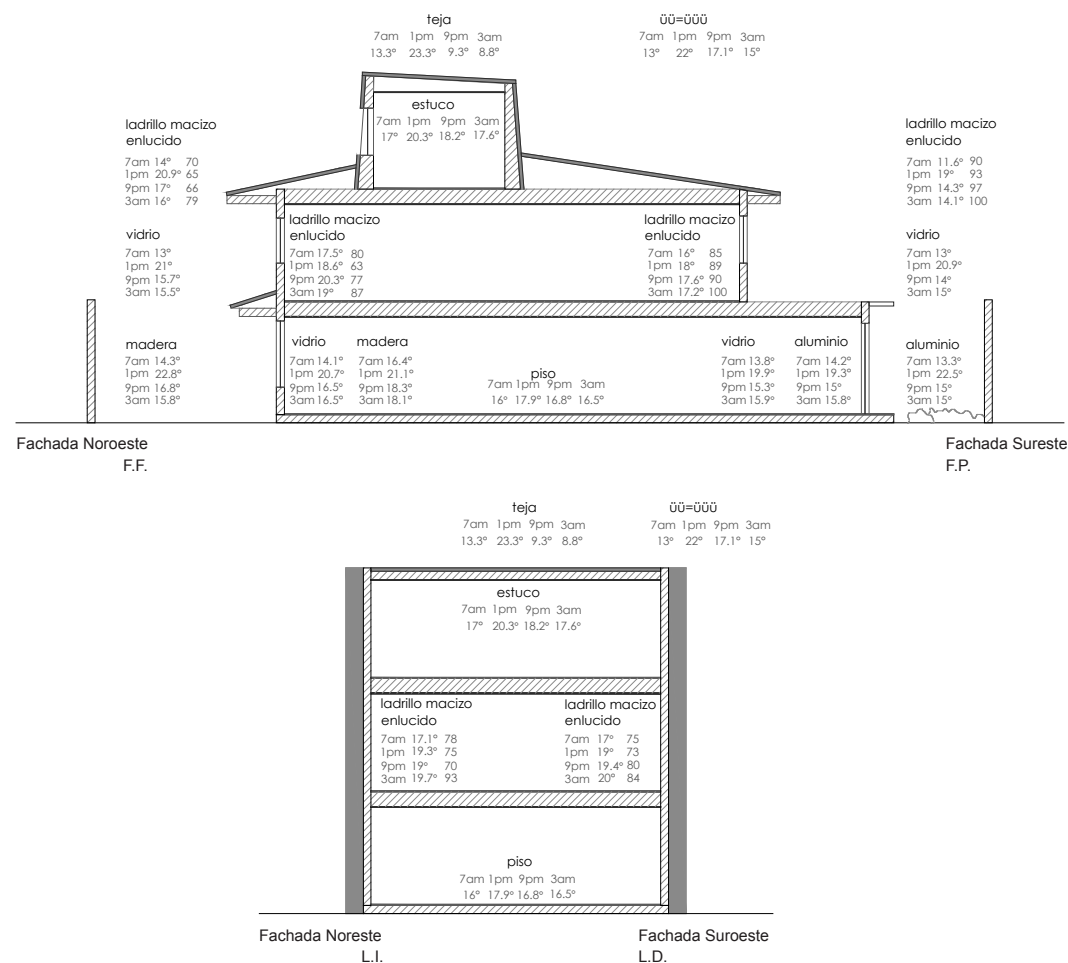
131

se adosadas a las casas aledañas se han tomado los datos de temperatura de las superficies de las paredes al interior de la vivienda en donde se han obtenido datos similares siendo mayor en hasta  $0.4^{\circ}\text{C}$  en las superficies ubicadas hacia el Su- roeste. Estas fachadas en relación a las fachadas no adosadas mantienen durante más tiempo sus temperaturas, pues se puede ver que desde las 7:00 aumenta su temperatura consiguiendo la máxima temperatura a las 3:00 del siguiente día, y esta empieza a bajar pasada esta hora.

Con respecto a la cubierta y al piso se puede notar que las temperaturas altas se encuentran en el cielo raso (estuco) que en el piso (duelas de madera) obteniéndose temperaturas más elevadas a las 13:00 y más bajas a las 7:00. Las variaciones que cada una de estas registran es de  $3.3^{\circ}\text{C}$  en el cielo raso y  $1.9^{\circ}\text{C}$  en el piso.

En cuanto a la teja de la cubierta presenta datos de temperatura mayores en relación a la temperatura ambiente externa a las 7:00 y 13:00 con  $0.3$  y  $1.3^{\circ}\text{C}$  respectivamente, mientras que a las 21:00 y 3:00 estas presentan temperaturas bajas en relación a temperatura ambiente externa con  $7.8$  y  $6.2$  grados respec-

Gráfico N° 84.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

tivamente, sin embargo con respecto a la temperatura de la teja y la temperatura del cielo raso hay grandes diferencias pues a las 7:00 su interior presenta 3.7°C más que al exterior, a las 13:00 hacia el exterior presenta una mayor temperatura que en el interior con una variación de 3°C, a las 21:00 nuevamente en el interior su temperatura supera a la externa en 8.9°C y en 8.8°C a las 3:00.

De manera general se puede ver que las menores temperaturas que presenta la envolvente proviene del piso, de las ventanas y de la puerta de aluminio principalmente desde las 21:00 hasta las 7:00 obteniéndose datos inferiores a 17°C, límite mínimo para situarse en zona de confort. Mientras que las mayores temperaturas, se encuentran en las paredes en todas las horas principalmente a las 13:00. En las ventanas pero únicamente a las 13:00 y en la puerta de madera a las 13:00, 21:00 y 3:00.

Además obteniéndose un promedio de la temperatura ambiente en cada hora de análisis, para compararlo con la temperatura interna conseguida por las diferentes superficies, se ha determinado que con respecto a la pared de ladrillo en nin-

guna de las horas esta difiere en más de 3°C, igual comportamiento se ha encontrado en la madera de las puertas. Por el contrario en el vidrio de las ventanas y el aluminio de la puerta posterior a las 7:00 y 21:00 se ha registrado que la diferencia de la temperatura supera los 3°C.

De igual forma considerando el promedio de la temperatura ambiente y la temperatura interna de la cubierta se ha encontrado que la diferencia entre estas dos en cada hora se mantiene por debajo de los 2°C.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi seco, húmedo, muy húmedo o empapado.

De esta manera con respecto al material predominante, que es el ladrillo macizo enlucido, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran

en un rango de 60 a 100 aproximadamente (ver Gráfico N° 84) y con una densidad del ladrillo de 1800 kg/m<sup>3</sup> se puede concluir que el material se encuentra entre semi húmedo y húmedo.

Igualmente se ha podido determinar que en la fachada Noroeste la humedad del material es mayor en la cara interna, a diferencia de la fachada Sureste en que se da lo contrario, pues se registra mayor humedad en la cara externa. Esta última presenta mayor humedad en relación a las dos fachadas, pues se encuentra próximo a un jardín.

El mayor índice de humedad registrado se da a las 3:00 tanto interna como externamente, mientras que la mínima se presenta a las 13:00 en la fachada Noroeste y a las 7:00 en la fachada Sureste. Analizando la humedad de las paredes orientadas al Noreste y Suroeste en la cara interna se puede ver que el mayor índice se encuentra a las 3:00 y la mínima se presenta a las 21:00 en la fachada Noreste y a las 13:00 en la fachada Suroeste.

Por otra parte, para el caso de la cubierta no se pudo registrar datos, debido a dificultades encontradas.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

133

### B) Comportamiento Acústico:

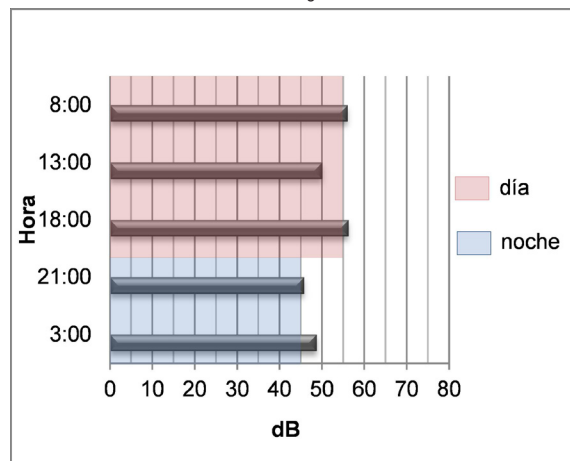
Para determinar el ruido que ingresa al interior de la vivienda se han realizado cinco mediciones al exterior, tres durante el día y 2 durante la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, en las mediciones realizadas se puede ver que a la única hora en que se cumple con la norma es a la 13:00, mientras que en las demás horas estas sobrepasan mas aun a las 3:00 (ver Gráfico N°85).

En las mediciones que se realizaron al interior de la vivienda de los diferentes ambientes se tiene que en el comedor y sala la mayor parte del tiempo se encuentran con un nivel de sonido adecuado y en ciertos casos estos alcanzan los valores máximos permitidos, sobretudo durante el día (ver Gráfico N°86).

Considerando los valores obtenidos en la cocina y estudio, en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido, dentro del rango permitido (ver Gráfico N°87)

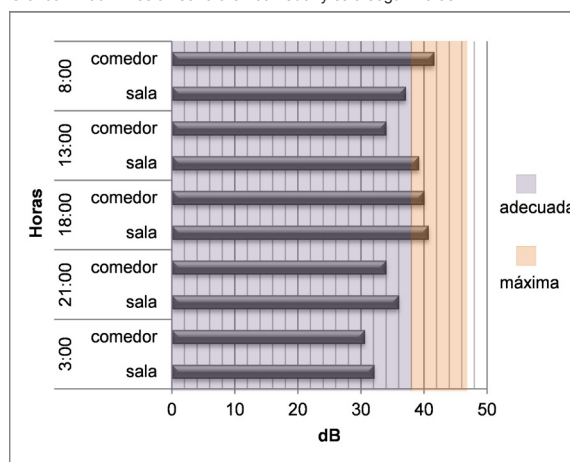
Finalmente en los dormitorios, durante el

Gráfico N° 85.- Presión sonora externa según horas



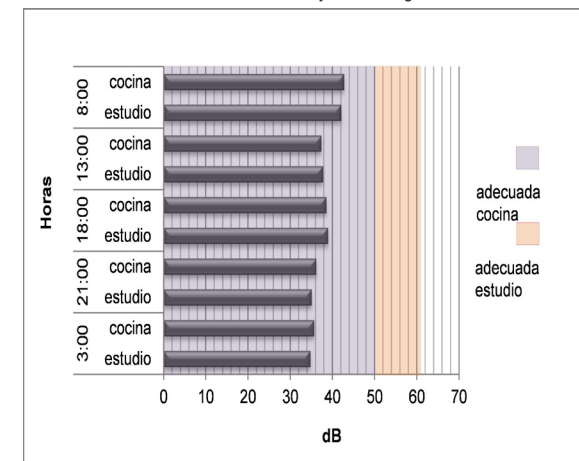
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 86.- Presión sonora en comedor y sala según horas



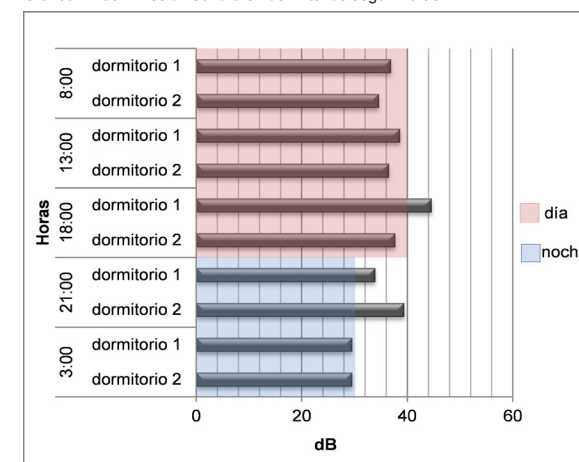
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 87.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 88.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

día estos se encuentran con niveles de sonido adecuados, a excepción de las 18:00 en que el dormitorio 1 supera la norma. En la noche las mediciones de las 21:00 también presenta niveles de sonido altos en los dos dormitorios, sin embargo a las 3:00 estos se encuentran dentro del rango permitido (ver Gráfico N°88).

En conclusión el ruido externo que ingresa en la vivienda, no es un problema en la mayoría de los ambientes, pues este de manera general se ubica dentro de la norma, únicamente el ruido externo de las 21:00 es el que afecta en los dormitorios.

### C) Comportamiento Lumínico:

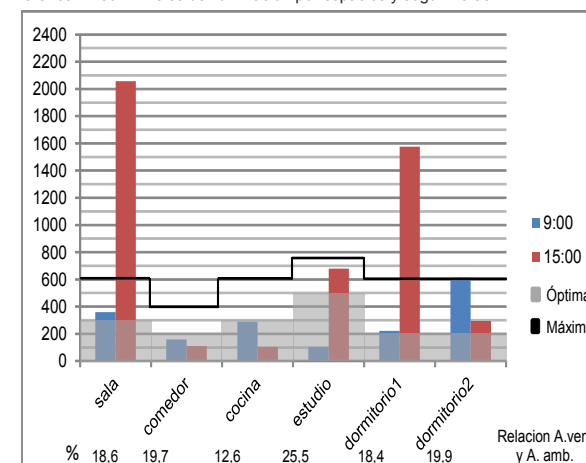
La iluminación natural ingresa a la vivienda de Noreste a Suroeste por la fachada posterior de la vivienda iluminando directamente el comedor, la cocina y el dormitorio 2 durante la mañana, sin embargo, como se puede observar en el Gráfico N° 89, en las dos primeras zonas mencionadas estas no cumplen con la normativa faltando 41.75 y 10.75 lux respectivamente y registrándose un faltante aun mayor en la tarde. Considerando el dormitorio 2, esta cumple con la normativa durante la mañana llegando al

máximo valor recomendado por la tarde. Se cuenta con iluminación directa por la fachada frontal durante la tarde en la sala, estudio y dormitorio 1. En el primer ambiente se cuenta con iluminación que supera la norma máxima recomendada a diferencia de la mañana en donde se encuentra con iluminación adecuada. En el segundo ambiente cumple la norma durante la tarde mientras que en la mañana se encuentra con un faltante de 97 lux. Finalmente en el tercer ambiente la iluminación de la tarde sobrepasa la norma máxima, mientras que en la mañana esta se encuentra dentro de lo óptimo (ver Gráfico N°89).

En conclusión el comedor y la cocina no cumplen con la normativa en ninguna de las horas del día debido a que reciben iluminación a través de otros espacios, la misma que no es suficiente. En cuanto a la sala y dormitorio 1 durante las tardes recibe iluminación que sobrepasa la norma máxima lo cual no es recomendable por los deslumbramientos que puede causar.

Con respecto a la relación mínima que debe existir entre el área de ventanas y el área del espacio la cocina no llega al 15% mínimo que pide la Ordenanza de Cuenca.

Gráfico N° 89.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

135

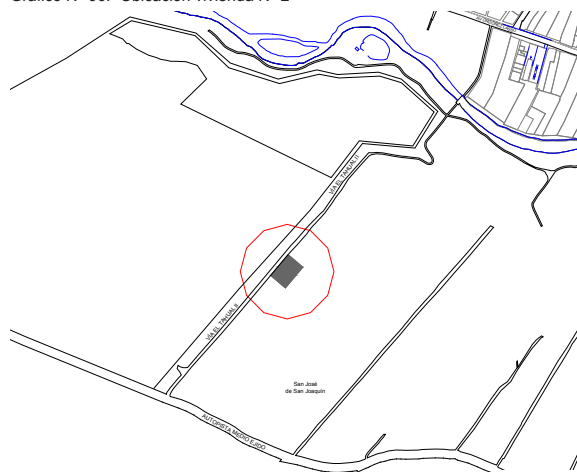
### 2.2.2.2.- Vivienda N° 2

Las mediciones de la vivienda N°2 fueron registradas el 11 de junio de 2011, ésta pertenece al grupo de las viviendas aisladas, tiene una orientación hacia el Noroeste con un ángulo de inclinación de 299 grados con respecto al Norte. Se ubica en la Calle El Tuhual y autopista Medio Ejido como se puede ver en el Gráfico N° 90, siendo esta una zona residencial, sin embargo se encuentra relativamente alejada del centro de la ciudad y cuenta con una densidad de vivienda baja, además el tráfico vehicular es reducido. Su área de construcción es de 272,73 m<sup>2</sup> y es de dos pisos.

De los espacios considerados para la toma de datos, como se puede apreciar en el Gráfico N° 91, en planta baja se encuentran la *sala* y el *dormitorio 2* dirigidos hacia el Noroeste cuyas áreas son de 14,8 m<sup>2</sup> y 12,5 m<sup>2</sup> respectivamente. Además se tiene el *comedor* y *cocina* orientados hacia el Sureste con áreas de 17,86 m<sup>2</sup> y 20,9 m<sup>2</sup>. En cuanto a la planta alta, se encuentran el *dormitorio 1* orientado hacia el Suroeste y tiene un área de 13,52 m<sup>2</sup> y el estudio dirigido al Noreste con un área igual a 6,12 m<sup>2</sup> (ver Gráfico N° 91).

El material predominante en las paredes de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo revestido de mortero, teniendo un ancho de 17 cm. Con respecto al piso este es de ladrillo de gres en todos sus ambientes a excepción de los dormitorios, tanto en la planta alta como en la baja. El recubrimiento de la cubierta es teja de cerámica, mientras que hacia el interior su cielo raso es de estuco. En relación al exterior de la vivienda, al ser aislada, ésta cuenta con jardín hacia las cuatro fachadas, sin embargo en la fachada dirigida hacia el Noreste se encuentra adosado un garaje cubierto.

Gráfico N° 90.- Ubicación vivienda N° 2



Elaboración: Grupo de Tesis.

Foto N° 9.- Fachada Noroeste



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 10.- Fachada Sureste



Fuente: Grupo de Tesis.



**A) Comportamiento Higrotérmico:****- Temperatura Ambiente**

Como se puede apreciar en el Gráfico N° 92, las temperaturas mínimas se registran tanto a las 7:00 como a las 3:00 del día siguiente, acentuándose en algunos ambientes de planta baja, como en el comedor, cocina y el dormitorio1, mientras que las temperaturas mas altas se presentan a las 13:00 tanto en planta baja como en planta alta, sin embargo en los ambientes de esta última es superior hasta con 1,3°C. En cuanto a la diferencia entre la temperatura máxima y mínima del exterior, ésta es igual a 10,1°C, en tanto que al interior en planta baja varía desde 1,1°C (sala) hasta 3°C (dormitorio1) y al interior en planta alta oscila entre 3,2°C (estudio) y 4,1°C (dormitorio2).

El comportamiento de la curva de temperatura es igual para todos los ambientes, ya que ésta desciende a las 7 de la mañana, pero manteniendo una temperatura superior a la del exterior con 0,8 hasta 1,4°C más, mientras que a las 13:00 sucede lo contrario, pues la temperatura asciende en todos los ambientes, sin embargo al exterior es mayor que al interior

con un máximo de 4,7°C. Para las 21:00 la temperatura nuevamente desciende, encontrándose superior al interior que al exterior, con un mínimo de 1,5 y un máximo de 2,5 grados de diferencia. A las 3:00 la temperatura continua bajando, teniendo a las 3 de la mañana del día siguiente el mínimo valor en el exterior (12,9°C), siendo mayor hacia el interior con 3,9 a 4,3 °C. Es importante recalcar que si bien a las 3:00 la temperatura exterior es inferior que a las 7:00, hacia el interior la situación se invierte, es decir es superior a las 3:00, con lo cual se puede concluir que la inercia térmica de los materiales permite conservar el calor ganado durante el día y así permitir que en las horas de la madrugada se cuente con temperaturas que si bien no son las óptimas, si se encuentran dentro del mínimo rango de confort aceptable.

Realizando este análisis se puede ver que la variación de la temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 16.1 y 19,1°C en planta baja y en planta alta oscila entre los 16,3 y 21.2 °C. De esta manera se puede concluir que con las mínimas temperaturas, es decir a las 7:00 la vivienda se encuentra fuera del

rango de confort, además en el caso de las 21:00 y 3:00, algunos espacios como cocina, comedor, estudio y dormitorio 1, si bien están muy cercanos al límite inferior de rango de confort, se ubican fuera de éste, en cambio los demás espacios si se encuentran dentro. Con las máximas temperaturas, especialmente en la planta alta si se halla en una condición de confort. En cuanto a los ambientes ubicados hacia las diferentes fachadas no se encuentra mayores diferencias, pues presentan resultados similares.

**- Humedad Relativa**

Con respecto a la humedad relativa, como se puede observar en el Gráfico N°93, los mayores porcentajes en la mayoría de ambientes interiores se registran a las 3:00 y 7:00, siendo similares en éstos dos casos. A las 13:00 a excepción del dormitorio 2, la humedad relativa desciende, sin embargo no es una variación muy significativa, además tanto en el estudio como dormitorio 1 se mantiene igual que a las 7:00. Para las 21:00, en ciertos espacios de planta baja (sala, comedor y dormitorio2), los porcentajes de humedad relativa disminuyen nuevamente, mientras que en la



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

cocina aumenta una unidad y en el resto de espacios se mantiene constante. A las 3:00 para todos los casos la humedad relativa se incrementa una unidad. En cuanto a la humedad relativa del exterior, ésta es superior a la del interior únicamente a las 3:00, mientras que a las 7:00 se mantiene igual que en planta alta y menor que en planta baja. A las 13:00 es inferior a la registrada en todos los ambientes interiores, en tanto que a las 21:00 es igual a la humedad de la planta baja e inferior a la de planta alta.

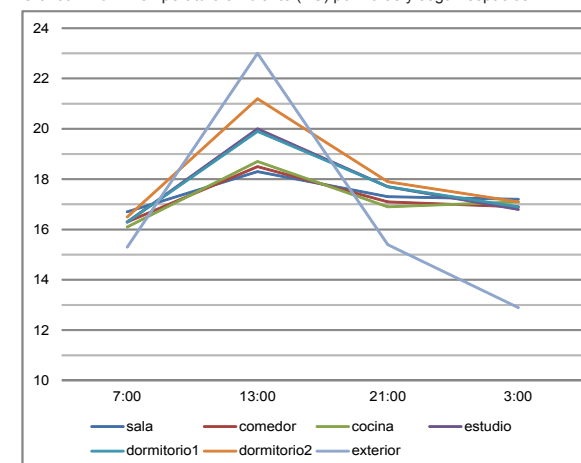
De manera general se puede concluir que en esta vivienda la humedad relativa interior no varía de manera considerable, ya que el mayor valor registrado es del 62% a las 7:00 y 3:00 y como caso excepcional se tiene una humedad del 65% únicamente para el dormitorio 2 a las 13:00, mientras que el mínimo corresponde al 60% (13:00 y 21:00), con lo cual la variación registrada es del 2% para la mayoría de espacios y del 5% para el dormitorio 2.

Con respecto al exterior, el mayor porcentaje de humedad relativa se presenta a las 3:00 (63%) y el menor a la 13:00 (58%), con lo que se concluye que es mayor la variación de la humedad re-

lativa al exterior (5%) que al interior. De la misma manera que con la temperatura, no se aprecian mayores diferencias entre los ambientes ubicados hacia las diferentes orientaciones.

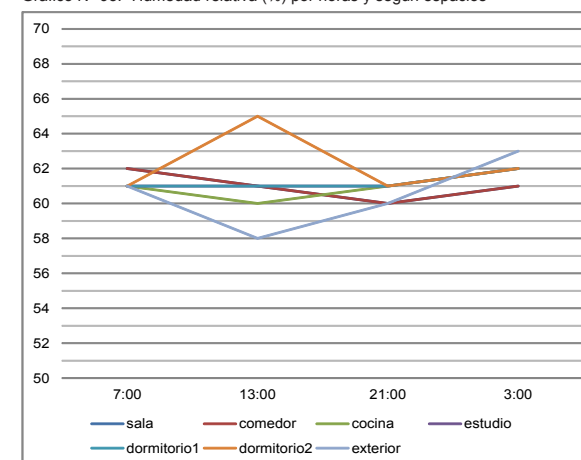
Analizando el comportamiento de la temperatura ambiente y la humedad relativa al interior de la vivienda se puede ver que predominantemente existen mayores porcentajes de humedad cuando las temperaturas de los diferentes ambientes presentan los menores valores (7:00 y 3:00), en tanto que para los menores porcentajes de humedad existe una mayor irregularidad, pues en algunos casos se registran a las 13:00 cuando la temperatura es la máxima y en otros a las 21:00 cuando la temperatura es baja (ver Gráficos N° 92 y 93). Es así que se puede concluir que a las 7:00, no se cumple con una condición de confort, mientras que en la mayoría de ambientes sucede lo contrario a las 21:00 y 3:00, y en la totalidad de éstos a las 13:00. En cuanto al exterior, el mayor valor de humedad relativa se presenta cuando la temperatura es la mínima (3:00), mientras que el menor porcentaje corresponde a las 13:00, que es cuando se registra la mayor temperatura.

Gráfico N° 92.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 93.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

Con respecto al exterior se puede ver que únicamente a las 13:00 se encuentra dentro del rango de confort.

### - Temperatura Radiante

El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido en ambas caras y pintado de color amarillo, en base a determinar los valores de temperatura interna y externa en las cuatro fachadas se ha realizado un análisis sobre el comportamiento de la temperatura radiante en cada una de estas. De esta manera en la fachada Noroeste como se puede observar en el Gráfico N° 94, únicamente a las 7:00 la temperatura de la pared exterior es mayor a la temperatura ambiente con  $2,4^{\circ}\text{C}$ , mientras que a las 13:00, 21:00 y 3:00 es mayor la temperatura externa de la pared que la del ambiente, sin embargo no es una variación muy significativa, pues en el primer caso corresponde a  $0,8^{\circ}\text{C}$  en el segundo a  $0,4^{\circ}\text{C}$  y en tercero a  $0,5^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a la temperatura interior de la pared, ésta es mayor que en la cara exterior con  $1,9^{\circ}\text{C}$  a las 7:00, en tanto que para las 13:00 sucede lo contrario y esta vez es menor al interior con  $10,2^{\circ}\text{C}$ , teniendo además que al interior la temperatura

disminuyó  $1,2^{\circ}\text{C}$  con respecto a las 7:00, mientras que al exterior se incrementó en  $10,9^{\circ}\text{C}$ . A las 21:00, la temperatura de la cara interior de la pared es mayor en  $4^{\circ}\text{C}$  a la registrada a las 13:00 y al exterior es menor en  $8^{\circ}\text{C}$ , en este caso se tiene también que contrario al punto anterior es superior la temperatura de la cara interna que la externa, habiendo  $1,8^{\circ}\text{C}$  de diferencia. De igual manera a las 3:00, la temperatura de ambas caras continúa disminuyendo y se mantiene superior al interior que al exterior con  $2,4^{\circ}\text{C}$ .

Considerando las ventanas de vidrio en esta misma fachada, los valores de temperatura de estas al exterior son menores que el interior, a excepción de las 13:00, teniendo aproximadamente  $1,5^{\circ}\text{C}$  de diferencia tanto a las 13:00 como a las 21:00 y 3:00, mientras que a las 7:00 varía solamente  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Al realizar una comparación de la temperatura ambiente con la registrada en el plano exterior del vidrio, se ha podido concluir que esta última es superior únicamente a las 13:00 y se puede notar que es mayor la variación entre estos dos valores que entre la cara interior y exterior del elemento analizado. Al analizar la madera (puerta madera) que

es otro de los materiales que están presentes en esta fachada, se ha podido determinar que presenta un comportamiento similar al del ladrillo macizo, ya que solamente a las 13:00 se registran una mayor temperatura al exterior que al interior. De igual manera, las temperaturas en las dos caras de la madera disminuyen progresivamente para las 21:00 y 3:00.

Por otra parte, realizando el mismo análisis con respecto a las paredes de la fachada orientada al Sureste (ver Gráfico N° 94) se puede notar que su comportamiento es similar, sin embargo en cada hora a excepción de las 21:00 (cara exterior) se registran menores temperaturas que en la fachada Noroeste, especialmente en el lado exterior a las 13:00 en donde se tiene una diferencia de  $3,2^{\circ}\text{C}$ , en tanto que al interior es de hasta  $0,8^{\circ}\text{C}$ .

Igualmente al analizar el vidrio de esta fachada se ha podido conocer que con respecto a la primera fachada, los valores son menores, a excepción de las 21:00. En esta fachada se cuenta con una puerta de hierro, en donde a las 7:00 y 13:00 son menores las temperaturas de la cara interior que la exterior, con una diferencia de hasta  $5,7^{\circ}\text{C}$  mientras que



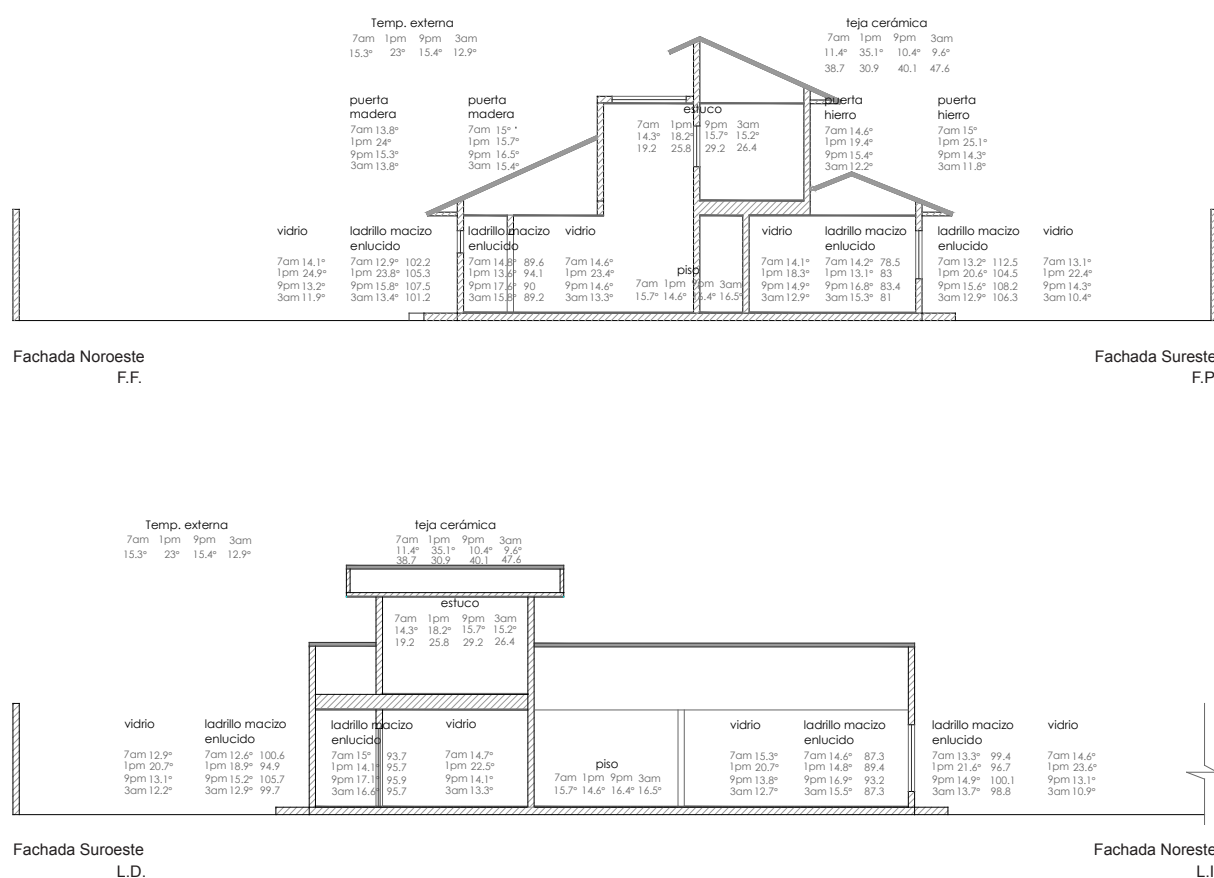


a las 21:00 y 3:00 sucede lo contrario y se cuenta con una variación de hasta 1,1°C.

Para el caso de las fachadas Suroeste y Noreste (ver Gráfico N° 94), en relación al ladrillo se puede concluir que con respecto a las dos fachadas anteriormente descritas, la temperatura de la cara exterior se aproxima más a la temperatura ambiente externa a las 21:00 y 3:00, mientras que a las 7:00 y 13:00 se nota mayores diferencias. Así mismo en todas las horas a excepción de las 13:00, los valores registrados al interior son mayores que los de la parte exterior de la pared. En este caso es importante destacar que aunque en los planos exteriores las temperaturas son menores en comparación con las fachadas Noroeste y Sureste, hacia la parte interior en la mayoría de los casos sucede lo contrario. Con respecto al vidrio, se tiene que en relación a las otras dos fachadas, las temperaturas exteriores son mayores únicamente a las 3:00, mientras que las temperaturas interiores se mantienen relativamente similares que las otras fachadas.

Con respecto a la cubierta y al piso se puede notar que predominantemente las temperaturas más altas se encuentran en

Gráfico N° 94.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

este último, que es de ladrillo de gres, ya que exclusivamente a las 13:00 sucede lo contrario, siendo el cielo raso (estuco) el que posee una temperatura superior en  $3,6^{\circ}\text{C}$ . En relación al piso, la temperatura más baja se registra a las 13:00 y las más altas tanto a las 21:00 y 3:00, siendo similares en estos dos puntos, mientras que en el cielo raso el mínimo valor se presenta a las 7:00 y el máximo a las 13:00. Las variaciones que cada una de estos elementos registran es de  $1,9^{\circ}\text{C}$  en el piso y de  $3,9^{\circ}\text{C}$  en el cielo raso.

En cuanto al recubrimiento exterior de la cubierta, que es teja de cerámica, se pueden apreciar que su temperatura es superior a la del ambiente exterior únicamente a las 13:00, existiendo  $12,1^{\circ}\text{C}$  de diferencia, mientras que a las 7:00, 21:00 y 3:00 su temperatura es inferior en  $3,9^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  y  $3,3^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Realizando una comparación entre la teja y el cielo raso, se pueden apreciar mayores diferencias de temperatura, a excepción de las 7:00, en donde existe una variación de  $2,9^{\circ}\text{C}$ , siendo inferior en el plano exterior de la cubierta, mientras que a las 13:00 hacia el exterior presenta una mayor temperatura que en el interior con una variación de  $16,9^{\circ}\text{C}$ , a

las 21:00 y 3:00 nuevamente en el interior la temperatura es superior a la exterior con  $5,3^{\circ}\text{C}$  y  $5,6^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

De manera general se puede concluir que las mayores temperaturas que presenta la envolvente al interior proviene del piso y las paredes, teniendo que a las 21:00 son mayores los valores registrados en estas últimas (ladrillo enlucido), mientras que en las demás horas son superiores las temperaturas del piso. También en el caso de la puerta de madera, se puede apreciar que es uno de los materiales que alcanza las temperaturas más elevadas, al igual que la puerta de hierro, especialmente a las 13:00. Mientras que el vidrio es el material en donde predominantemente se registran las menores temperaturas, a excepción de las 13:00, en donde se llegan a valores que en la mayoría de casos sobrepasan los  $20^{\circ}\text{C}$ , siendo ésta la temperatura más elevada que se presenta hacia la cara interior de la envolvente, pero es un caso especial. Es así que teniendo que la mayoría de temperaturas que se registran hacia la parte interna de la envolvente son menores a  $17^{\circ}\text{C}$ , se puede concluir que por lo general se encuentra fuera de rango de confort.

Por otra parte se ha podido establecer que la mayor parte del día la temperatura radiante promedio es levemente inferior a la temperatura ambiente promedio registrada al interior de la vivienda, ya que únicamente a las 13:00 existe una diferencia superior a  $3^{\circ}\text{C}$  entre estos dos valores, por lo tanto se puede concluir que al no existir marcadas diferencias térmicas entre la temperatura ambiente y la de las superficies de la envolvente, no se genera un mayor cambio energético que puede modificar la temperatura de sensación de los usuarios de la vivienda. Lo mismo se puede decir con respecto a la temperatura del ambiente interno y la del cielo raso, pues generalmente esta última es inferior con máximo  $2^{\circ}\text{C}$ , lo cual se considera dentro de lo adecuado.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi seco, húmedo, muy húmedo o empapado. De esta manera con respecto al material



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

predominante, que es el ladrillo macizo enlucido, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran en un rango de 80 a 110 aproximadamente (ver Gráfico N° 94) y con una densidad del ladrillo de  $1800 \text{ kg/m}^3$  se puede concluir que el material se encuentra húmedo.

Igualmente se ha podido determinar que a excepción de la fachada Suroeste a las 13:00, son mayores los valores obtenidos en la cara externa que en la interna. En la fachada Noroeste (ver Gráfico N°94), se tiene que la menor humedad registrada en el plano interno y externo de la pared corresponde a las 3:00, siendo 89,2 y 101,2 respectivamente, mientras que la mayor se presenta a las 13:00 en la cara interna (94,1) y a las 21:00 hacia el exterior (107,5). Analizando la humedad de las paredes orientadas al Sureste (ver Gráficos N°4) se puede ver que con respecto a la fachada Noroeste, los valores aumentaron hacia el exterior (a excepción de las 13:00) y disminuyeron hacia el interior. Se tiene que la menor humedad registrada internamente es a las 7:00 (78,5) y externamente a las 13:00 (104,5), en tanto que la mayor en la cara interna se da a las 21:00

(83,4) y en la externa a las 7:00 (112,5). Con respecto a la fachada Suroeste (ver Gráfico N°94), realizando una comparación con las dos fachadas anteriormente analizadas, se ha establecido que la humedad se incrementa hacia el interior y disminuye hacia el exterior. Los mínimos valores se registran para el plano interior a las 7:00 (93,7) y para la exterior a las 13:00 (94,9), mientras que los máximos valores se dan tanto al interior como al exterior a las 21:00 y son respectivamente 95,9 y 105,7.

Finalmente en la fachada Noreste (ver Gráfico N° 94), se puede observar que en relación a su opuesta (fachada Suroeste), los datos registrados son inferiores tanto en la cara interna como en la externa. De esta manera la menor humedad en la parte interna de las paredes se presenta a las 7:00 y 3:00 siendo igual al 87,3 en los dos casos y en la parte externa se da a la 13:00 (96,7), en cambio los mayores valores en la cara interna y externa corresponden a las 21:00, siendo en orden 93,2 y 100,1. Por otra parte, para el caso de la cubierta se tiene que en el recubrimiento exterior que es teja de cerámica, los valores varían entre 30 y 50, con lo cual considerando

una densidad de  $1650 \text{ kg/m}^3$  nos permite determinar que se encuentra entre las categorías de muy seco y normal seco. En cuanto al material interior que es estuco, en todos los casos la humedad es inferior a la registrada en la teja, pues los datos oscilan entre 20 y 30 aproximadamente, con lo cual en base a una densidad de 800 a  $1000 \text{ kg/m}^3$  se puede establecer que el material se encuentra muy seco (ver Gráfico N°94).

### B) Comportamiento Acústico:

Considerando que la normativa de zonas residenciales establece que el sonido no debe superar los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, se ha podido conocer que únicamente a las 21:00 no se cumple con esta norma, no obstante el dato registrado es mínimamente superior al máximo nivel de sonido aceptable, mientras que en las demás horas los valores se encuentran dentro del rango definido como adecuado, en especial a las 8:00 (ver Cuadro N° 95). En cuanto a las mediciones realizadas al interior de la vivienda, se tiene que en la mayoría de los casos la sala y el comedor cuentan con un nivel de sonido adecuado, sin embargo como se puede observar

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

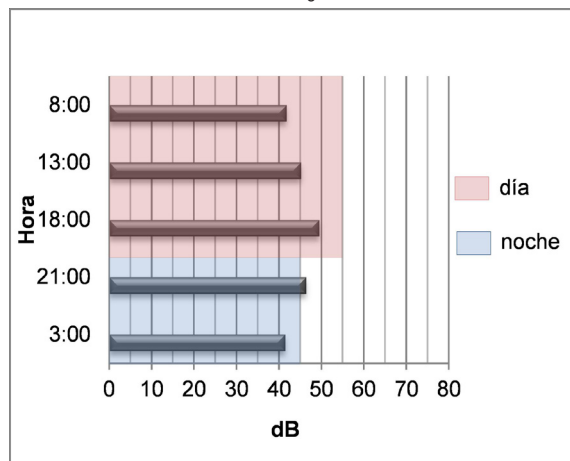
en el Cuadro N° 96, a las 18:00 los datos registrados se aproximan al límite superior de éste rango, así como también a las 21:00 en el comedor el nivel de ruido alcanza los valores máximos permitidos.

Con respecto a la cocina y estudio, tal como se puede apreciar en el Gráfico N°97, el nivel de sonido durante todas las horas se mantiene dentro del rango permitido, siendo a las 18:00 cuando se registra el mayor valor en los dos ambientes.

Finalmente en los dormitorios se puede establecer que durante el día se cuenta con un nivel de sonido adecuado y solamente a las 18:00 en el dormitorio 1 el dato registrado se aproxima al límite máximo aceptable, sin embargo en la noche el nivel de ruido supera aunque mínimamente al valor establecido como adecuado en la normativa. (Ver Gráfico N°98).

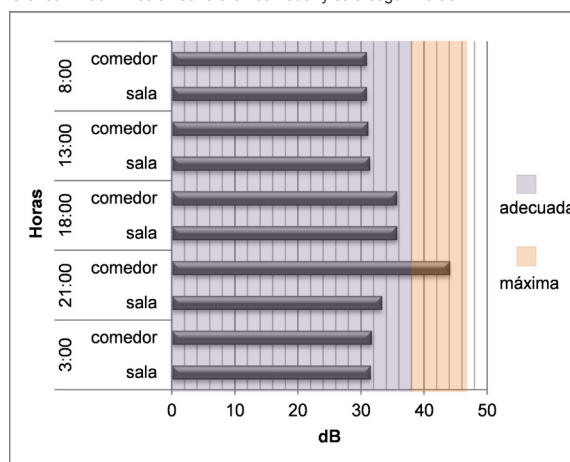
Es así que se puede concluir que el ruido externo no representa un problema para el confort en la vivienda, ya que generalmente se cumple con la normativa y únicamente en el caso de los dormitorios se puede ver que el ruido del ambiente exterior afecta levemente durante las noches. Es importante mencionar que ésta vivien-

Gráfico N° 95.- Presión sonora externa según horas



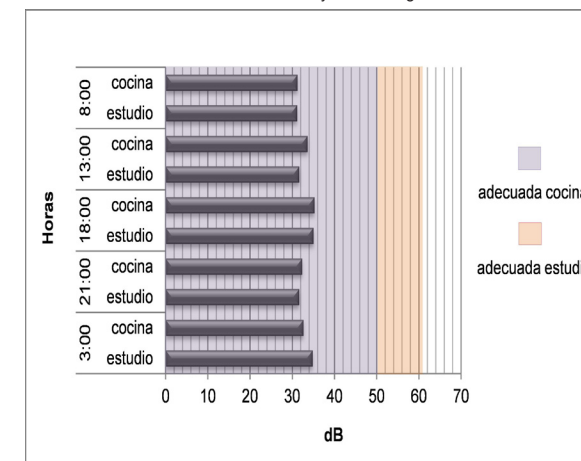
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 96.- Presión sonora en comedor y sala según horas



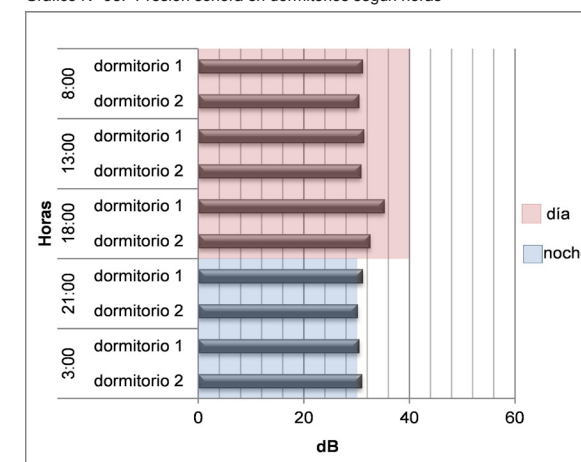
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 97.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 98.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

da se encuentra ubicada en la periferia de la ciudad, en donde prevalecen usos de suelo rurales en combinación con la vivienda y el tráfico vehicular que es bajo.

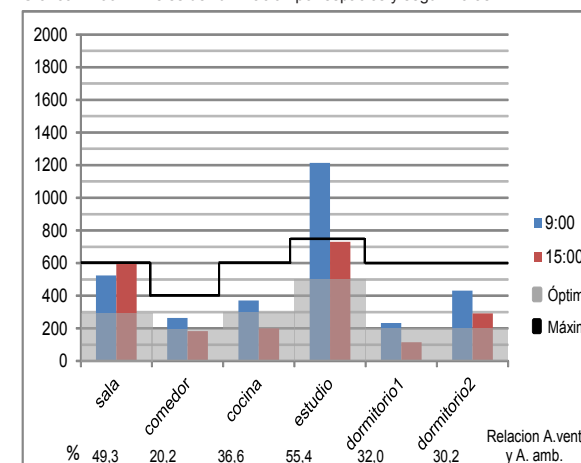
### C) Comportamiento Lumínico:

Al tratarse de una vivienda aislada, tanto la fachada Posterior (Sureste) como la Lateral Izquierda (Noreste) reciben iluminación durante las mañanas, por lo que los ambientes iluminados desde el Este son cocina, comedor y estudio. De estos espacios, tanto la cocina como comedor cumplen con la normativa para el caso de la mañana, encontrándose entre el nivel óptimo y el máximo establecido, en tanto que en el estudio se supera considerablemente el valor máximo aceptable. Para la tarde, la cocina y comedor no cuentan con un nivel adecuado de iluminación, ya que existe un faltante de aproximadamente 100 lux y 36,25 lux, respectivamente, en tanto que en el estudio el nivel de iluminación es bastante próximo al máximo determinado en la normativa (ver Gráfico N°99). Durante las tardes, la fachada Frontal (Noroeste) recibe iluminación directa, encontrándose aquí los ambientes de sala, y dormitorio2, en donde tanto en la maña-

na como en la tarde el valor de iluminación sobrepasa el nivel óptimo recomendado en la norma y en el caso de la sala se encuentra muy cercano al máximo. En cuanto al dormitorio 1, en la mañana se cuenta con un nivel adecuado de iluminación, mientras que en la tarde existe un faltante de 84,15 lux, lo cual se explica debido a que este ambiente se encuentra orientado al suroeste, que en la época en la que se realizaron las mediciones (Junio) no recibe iluminación directa (ver Gráfico N°99).

Como conclusión se puede establecer que en la mayoría de espacios se obtiene una mejor iluminación natural durante las mañanas, sin embargo en el caso del estudio, al superar la máxima establecida en la norma puede ser causante de deslumbramientos. De igual manera se puede establecer que el porcentaje del área de ventanas en relación a la superficie del ambiente es adecuado y cumple con lo determinado en la normativa (15%).

Gráfico N° 99.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

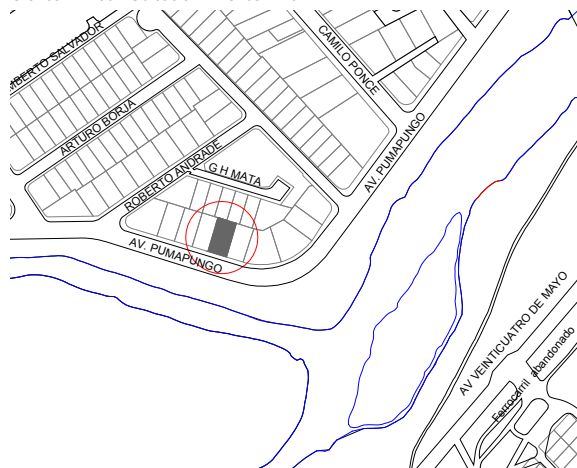
### 2.2.2.3.- Vivienda N° 3

Las mediciones de la vivienda N° 3 fueron registradas el 12 de junio de 2011, ésta se encuentra dentro del grupo de viviendas adosadas, tiene una orientación hacia el Sur con un ángulo de inclinación de 187 grados con respecto al Norte. Se localiza en la Av. Pumapungo y Benito Juárez (ver Gráfico N° 100), que corresponde a una zona residencial, en donde el tráfico vehicular es considerable, debido a la existencia de la Av. Pumapungo. La vivienda se desarrolla en una planta y tiene un área de construcción de 142,6 m<sup>2</sup>.

Para la toma de datos los espacios considerados son *sala, comedor y dormitorio 1*, los cuales están orientados hacia el Sur y sus respectivas áreas son 10,5 m<sup>2</sup>, 9,8 m<sup>2</sup> y 13,94 m<sup>2</sup>. Dirigidos hacia el Norte se encuentran la *cocina* y el *dormitorio 2*, cuyas áreas son en orden 12,6 m<sup>2</sup> y 9,72 m<sup>2</sup>. La vivienda no cuenta con un espacio destinado para estudio, por lo cual no ha sido factible registrar las mediciones para dicho ambiente (ver Gráfico N° 101). En cuanto a los materiales de la envolvente, para el caso de las paredes existe un predominio de ladrillo macizo enlucido con mortero, éstas tienen un ancho de 16

cm. El material predominante en el piso es baldosa, que se encuentra en todos los ambientes a excepción de los dormitorios. Con respecto a la cubierta, el recubrimiento exterior es eternit, mientras que hacia el interior el cielo raso es de estuco. La vivienda al ser adosada a los dos lados, cuenta con un jardín en la parte frontal y en la parte posterior se localiza un patio de piso duro, además es importante mencionar que parte de la fachada posterior se encuentra adosada, en donde se desarrollan los espacios de lavandería y un dormitorio que no fue considerado para las mediciones.

Gráfico N° 100.- Ubicación vivienda N° 3



Elaboración: Grupo de Tesis.

Foto N° 13.- Fachada Sur



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 14.- Fachada Norte



Fuente: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

Otros aspectos que son fundamentales para tener en cuenta en el análisis son que el comedor se ilumina únicamente a través de la ventana de la sala y la cocina mediante un tragaluz existente en la lavandería que se encuentra junto a ésta.

### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

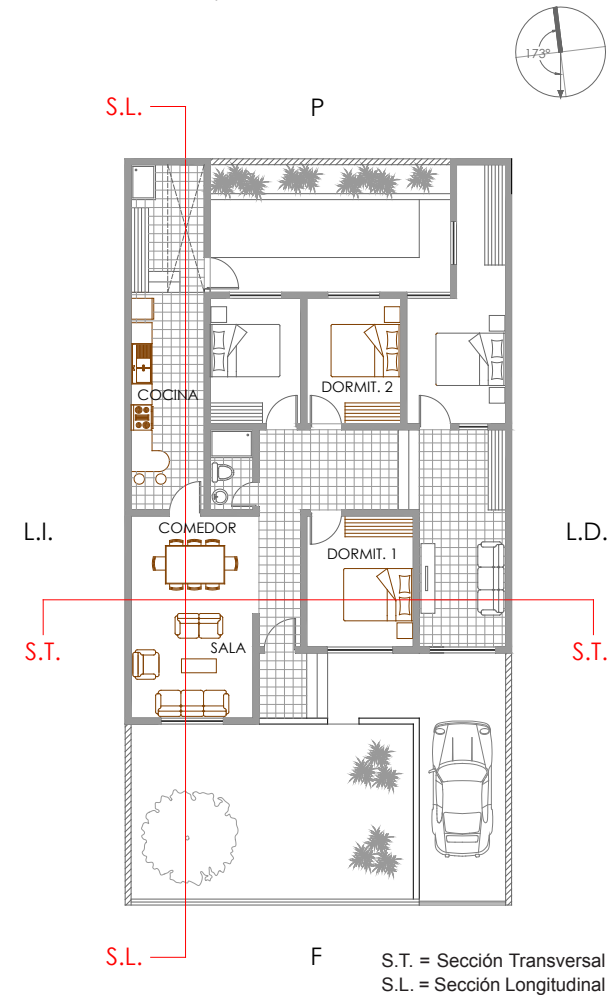
Al efectuar un análisis de la variación de la temperatura en el transcurso del día y por espacios, se ha podido conocer que las temperaturas mínimas se registran tanto a las 7:00 como a las 3:00, siendo más extremas en este último caso y tal como se puede constatar en el Gráfico N° 102, no existe una diferencia considerable entre los ambientes, sin embargo es preciso mencionar que para las 7:00 las temperaturas son mayores en el áreas social y de trabajo que en el área de descanso, en tanto que a las 3:00 esta situación se invierte. Las temperaturas más altas se dan a las 13:00 presentándose similar en todos los ambientes pues la menor temperatura es de 20,4°C (cocina) y la mayor temperatura es de 20,7°C (dormitorios). Por otra parte considerando el exterior, se tiene que la diferencia entre la temperatu-

ra máxima y mínima es de 8,5°C, mientras que al interior esta fluctúa entre 3,1°C (dormitorio2) hasta 3,9°C (sala y comedor).

De esta manera, analizando el Gráfico N° 102 se puede determinar que la variación de la temperatura se presenta de la misma manera para todos los ambientes, ya que ésta es baja a las 7:00, pero es superior a la temperatura exterior hasta con 2,4°C, a las 13:00 la temperatura aumenta y en este caso se mantiene superior que la exterior con 0,5°C hasta 0,8°. A las 21:00 la temperatura nuevamente descende, pero es mayor que a las 7am y así mismo se conserva superior al interior que al exterior, con hasta 3,2°C. Desde este punto la temperatura descende progresivamente, encontrándose a las 3:00 del día siguiente con los mínimos valores para todos los ambientes, siendo de 11,4°C para el exterior, en tanto que al interior se incrementa en mínimo 3,3 y máximo 3,9°C.

A partir de este estudio se ha podido establecer que la variación de la temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 16,6 y 20,7°C, con lo que se puede concluir que con las mínimas temperaturas, es decir a las 3:00,

Gráfico N° 101.- Planta arquitectónica



Elaboración: Grupo de Tesis.

S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

147

el área social y de trabajo se encuentra fuera del rango de confort, en tanto que el área de descanso, si bien registra temperaturas que se ubican dentro de la zona de confort, éstos valores están muy próximos al límite inferior de este rango. Para el caso de las 7:00, 13:00 y 21:00, todos los espacios analizados cumplen con una condición de confort, especialmente a las 13:00, ya que todas las temperaturas sobrepasan los 20°C.

En cuanto a la orientación de los ambientes se ha podido conocer que no existen mayores diferencias entre las temperaturas de los ambientes orientados hacia el Sur o hacia el Norte, no obstante si se puede notar que en los dormitorios, se registran mayores temperaturas que en el resto de espacios de la vivienda, tanto a las 13:00 como a las 21:00 y 3:00, mientras que a las 7:00 sucede lo contrario.

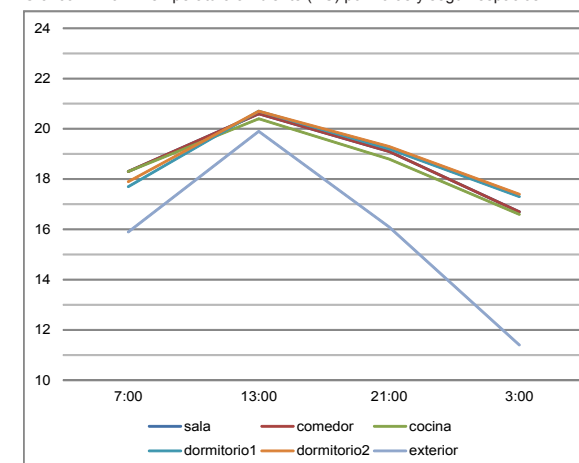
### - Humedad Relativa

Analizando el comportamiento de la humedad relativa, tal como se pudo observar en el Gráfico N° 103, se puede determinar que los mayores porcentajes se registran a las 7:00 para el caso del área social y de trabajo, mientras que para el

área de descanso esto se presenta tanto a las 7:00 como a las 3:00 pues en ambos casos se cuenta con un 60% de humedad relativa. Para las 13:00 la humedad relativa descende en todos los espacios de la vivienda, mientras que para las 21:00 se incrementa nuevamente y continúa subiendo hasta las 3:00. Con respecto a la fluctuación de la humedad relativa exterior, se tiene que tanto a las 7:00 como a las 13:00 es menor que en el interior hasta en un 4 y 2% respectivamente, mientras que para las 21:00 es igual a la registrada en los dormitorios y cocina e inferior en 1% a la humedad relativa de la sala y comedor. Igualmente para las 3:00 se registra el mismo porcentaje en el exterior que en los dormitorios, sin embargo es mayor en 1% al valor correspondiente a la cocina y se mantiene menor en 1% con respecto al área social.

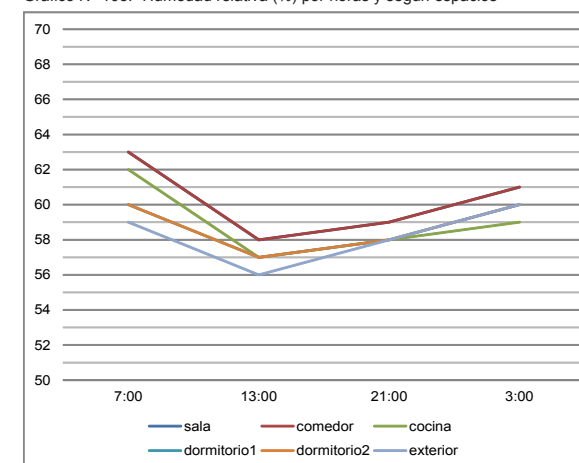
La humedad relativa al exterior se mantiene inferior a la del interior a las 7:00 y 13:00, mientras que a las 21:00 y 3:00 es igual a la registrada en el área de descanso. De manera general se puede concluir que la humedad relativa interior no varía muy significativamente, pues se tiene que el menor porcentaje registrado es 57% mientras que el mayor es igual al 63%.

Gráfico N° 102.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 103.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

Con respecto al exterior, el mayor porcentaje de humedad relativa se presenta a las 3:00 (60%) y el menor a las 13:00 (56%), estableciendo así que en esta vivienda es mayor la oscilación de la humedad relativa interior (6%) que la exterior (4%).

En relación a su orientación los valores de humedad encontrados en las fachadas Norte y Sur no presentan variaciones considerables, sin embargo en cuanto a los ambientes, se puede constatar que para todos los casos en el área de descanso se registran menores porcentajes de humedad relativa que en el resto de espacios.

Al realizar una comparación entre el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa al interior de la vivienda de manera general se puede concluir que se presentan mayores porcentajes de humedad relativa cuando las temperaturas son las mínimas tanto a las 7:00 como a las 3:00, mientras que para las 13:00, que corresponde al punto en donde la temperatura es la máxima, se presentan los menores porcentajes de humedad relativa. La misma situación se presenta en el exterior, ya que el valor máximo de humedad relativa se corresponde con el mínimo de temperatura y viceversa.

Se puede concluir que hacia el exterior se cumple con el rango de confort únicamente a las 13:00, mientras que hacia el interior, tanto en humedad relativa como en temperatura existe una condición de confort a las 7:00, 13:00, 21:00 y en la zona de descanso a las 3:00 (ver Gráfico N° 102 y 103). En cuanto a la orientación, los valores de humedad encontrados en los ambientes dirigidos hacia la fachada Norte y Sur no presentan diferencias significativas.

### - Temperatura Radiante

El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido en ambas caras y pintado de blanco hacia el interior y beige exteriormente, en donde se determinó los valores de temperatura en las diferentes fachadas. Es así que como se puede ver en el Gráfico N° 104, para la fachada Sur los valores de la temperatura del plano exterior de la pared son mayores a la temperatura ambiente externa únicamente a las 3:00, siendo superior con 1,5°C, mientras que a las 21:00 se mantienen equitativas y a las 7:00 y 13:00 son inferiores los valores registrados en la cara exterior de la fachada, existiendo una diferencia de has-

ta 1,6°C. Con respecto a la temperatura de la pared al interior, ésta es en todos los puntos mayor que las temperaturas del plano exterior, presentándose la mayor variación a las 3:00 (3,5°C). En cuanto a la oscilación en las diferentes horas, se ha podido conocer que a las 7:00 se cuenta con una temperatura baja, especialmente en la cara exterior, en tanto que a las 13:00 los valores ascienden 1,5°C al interior y 3,3°C al exterior, para las 21:00 la temperatura nuevamente desciende sobre todo hacia la parte exterior, ya que ésta disminuye en 2,2°C, mientras que al interior únicamente en 0,4°C. Igualmente para las 3:00 los valores continúan descendiendo, siendo menores con respecto a las 21:00 en 3,2 °C en la cara externa y en 2 °C en la interna.

En esta misma fachada, considerando el material de las ventanas que es vidrio, se ha podido determinar que tanto a las 7:00, como a las 21:00 y 3:00, las temperaturas de la superficie interna son mayores que las de la externa con hasta 1,3°C de diferencia (3:00), sin embargo a las 21:00 se mantienen aproximadamente iguales en los dos planos. Contrariamente a las 13:00 la temperatura de la parte interna es inferior en 1,4°C en relación a la exter-



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

na. Realizando una comparación entre los datos de temperatura ambiental al exterior y la temperatura externa del vidrio, se puede concluir que estos son muy similares en todos los puntos registrados.

Efectuando el mismo estudio para el caso de la madera, pues en esta fachada se cuenta con una puerta de este material, se puede constatar que sus temperaturas en el plano exterior son mayores que las correspondientes al ladrillo macizo, especialmente a las 7:00 y 13:00, ya que a las 21:00 y 3:00 los valores son bastante aproximados para los dos materiales, mientras que con respecto al interior, son mayores las temperaturas registradas en el ladrillo a las 21:00 y 3:00, para el caso de las 7:00 se mantienen iguales y a las 13:00 son superiores en la madera.

Al analizar la fachada orientada al Norte (ver Gráfico N° 104) , con respecto a las paredes se puede distinguir un comportamiento similar al caso anterior, sin embargo las temperaturas son mayores que las registradas en la fachada Sur tanto en la cara interna como en la externa. No obstante el comportamiento de la oscilación térmica conserva la misma tendencia, identificándose como única di-

ferencia que en esta fachada, a las 13:00 la temperatura del plano interior de la pared es inferior a la exterior en  $1,3^{\circ}\text{C}$ . A las 7:00 la diferencia entre la parte interna y externa de la pared es de  $1,8^{\circ}\text{C}$ , a las 21:00 de  $3,4^{\circ}\text{C}$  y a las 3:00 es de  $2,8^{\circ}\text{C}$ .

Con respecto al vidrio, las temperaturas de la superficie interna en este caso son mayores que las registradas en la fachada Sur, mientras que al exterior son inferiores a las 7:00 y 21:00 y superiores a las 13:00 y 3:00. En cuanto a las diferencias entre la temperatura ambiente externa y la determinada en el plano exterior del vidrio, éstas son mayores que en la fachada opuesta, en donde los valores se encuentran muy próximos.

En cuanto a las paredes orientadas hacia el Este y Oeste, al encontrarse adosadas a las edificaciones aledañas se han obtenido datos de temperatura únicamente de las superficies internas, obteniéndose como conclusión que no existen diferencias significativas en relación a las fachadas aisladas ( Norte y Sur). Como se puede apreciar en el Gráfico N°104, en la pared dirigida el Este se presentan mayores temperaturas que en su opuesta a excepción de las

3:00, existiendo una diferencia de  $0,5^{\circ}\text{C}$  en este punto, en tanto que a las 7:00 son bastante similares en los dos casos y a las 13:00 y 21:00 se puede apreciar una variación de hasta  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

Analizando las temperaturas correspondientes a la cubierta (cielo raso estuco) y piso (baldosa) se ha podido determinar que predominantemente se registran menores valores en el cielo raso y únicamente a las 13:00 sucede lo contrario, siendo inferior en aproximadamente 4 grados la temperatura obtenida en la baldosa. De esta manera la máxima temperatura en el piso se presenta a las 21:00 y la mínima a las 3:00, teniendo  $3,1$  grados de diferencia entre los dos extremos, en tanto que en el cielo raso, el mayor valor se registra a las 13:00 y el menor igualmente a las 3:00, teniendo una variación de  $7,2$  grados. Exteriormente la cubierta tiene como recubrimiento eternit, el mismo que presenta una temperatura mayor a la registrada en el ambiente externo solamente a las 13:00, con una diferencia de  $18,7^{\circ}\text{C}$ , en tanto que a las 7:00, 21:00 y 3:00 es inferior en relación a la temperatura ambiente con  $3,1^{\circ}\text{C}$ ,  $4,7^{\circ}\text{C}$  y  $2,9^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. En comparación con la temperatura

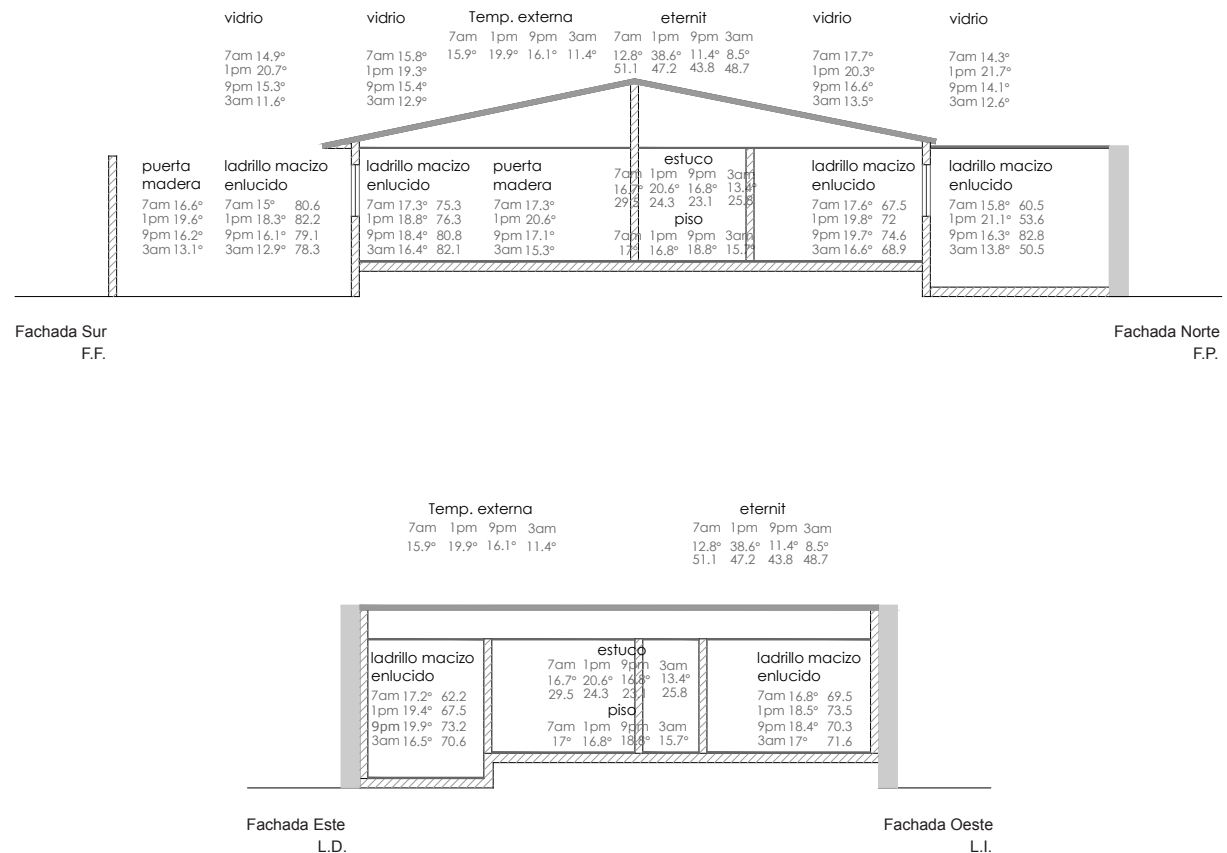


del cielo raso, los valores registrados en el eternit son de igual manera superiores únicamente a las 13:00 con 18 grados de variación, mientras que a las 7:00, 21:00 y 3:00 se puede apreciar que existen mayores diferencias que con respecto a la temperatura ambiente externa, ya que respectivamente al interior la temperatura es superior con 3,9 °C, 5,4 °C y 4,9 °C.

De acuerdo con este análisis se puede concluir que las menores temperaturas que presenta la envolvente al interior provienen del vidrio y el piso, especialmente a las 7:00, 21:00 y 3:00, que es cuando los valores se encuentran por debajo del límite inferior del rango de confort, mientras que a las 13:00 se presentan temperaturas que se ubican dentro de la zona de confort y son a su vez superiores a las registradas en los demás materiales a esa misma hora. Exceptuando el caso especial que se presenta a las 13:00 con los dos materiales del piso y cielo raso, se ha podido determinar que predominantemente las mayores temperaturas se encuentran en las paredes, no obstante a las 13:00 la madera cuenta con un valor superior.

Por otro lado, también se ha realizado

Gráfico N° 104.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

151

una comparación entre la temperatura ambiente promedio al interior de la vivienda y la temperatura promedio de la envolvente para cada hora, con lo que se ha podido conocer que estos dos valores son bastante similares en el transcurso del día, ya que la máxima diferencia corresponde a  $1,48^{\circ}\text{C}$ . En cuanto al cielo raso, a las 7:00 este cuenta con una temperatura ligeramente inferior a la del ambiente y a las 13:00 estos dos valores son iguales, mientras que a las 21:00 y 3:00 se registra una diferencia superior a  $2^{\circ}\text{C}$  entre estas dos variables. Es así que se puede concluir que a excepción del cielo raso a las 21:00 y 3:00, generalmente no se presentan mayores diferencias térmicas entre la temperatura ambiente y la de las superficies de la envolvente.

### - Humedad de la Envolvente

Realizando un análisis de la humedad presente en el material predominante de la envolvente de la vivienda, que es el ladrillo macizo enlucido, se puede establecer que en las paredes de las diferentes orientaciones los datos registrados tanto en la superficie interna como externa varían aproximadamente entre 60 y 80 la mayoría de los casos

(ver Gráfico N°104), lo cual de acuerdo a la densidad del material nos indica que éste se encuentra semi seco, además se puede notar que en la fachada Norte exteriormente a las 13:00 y 3:00 los valores oscilan entre 50 y 54 que corresponde a la categoría de normal seco.

De igual manera se ha podido conocer que para la fachada Sur (ver Gráfico N° 104) existe un mayor valor en la cara exterior de la pared a las 7:00 y 13:00, en tanto que a las 21:00 y 3:00, se registran datos superiores en la superficie interna. Se tiene que la mínima humedad se presenta a las 7:00 en la parte interior (75,3) y a las 3:00 en la cara exterior (78,3), mientras que la máxima humedad se registra a las 3:00 en la superficie interna y a las 13:00 en la externa, siendo casi iguales en ambos casos, pues respectivamente los valores son 82,1 y 82,2.

Con respecto a las paredes orientadas al Norte (ver Gráfico N° 104), se puede apreciar que la humedad disminuye con respecto a la fachada Sur, tanto al interior como al exterior, a excepción de las 21:00 en la cara externa, en donde se registra un mayor valor. Contrario a lo sucedido en la fachada opuesta, se tiene que la

humedad es superior en la superficie exterior a las 21:00, mientras que en las demás horas se registran datos mayores en el plano interior. En este caso la mínima humedad en la cara interna se presenta a las 7:00 y en la externa a las 3:00, siendo en orden 67,5 y 50,5, en tanto que el máximo valor le corresponde a las 21:00 tanto para la superficie interna como externa (74,6 y 82,8 respectivamente).

En cuanto a las paredes adosadas se registraron datos únicamente de sus planos interiores, concluyendo de manera general que los valores son muy similares a los obtenidos en la fachada Norte, siendo mayores únicamente a las 3:00 (ver Gráfico N° 104).

Considerando la cubierta, cuyo recubrimiento exterior es eternit se ha podido determinar que exteriormente la humedad varía entre 40 y 50 aproximadamente determinando así en base a la densidad del material ( $1250\text{ kg/m}^3$ ) que el mismo se encuentra dentro de la categoría normal seco. En cuanto al interior, en donde se tiene estuco de yeso, los datos obtenidos oscilan entre 20 y 30, concluyendo así que este material se encuentra muy seco.



## II CAPÍTULO

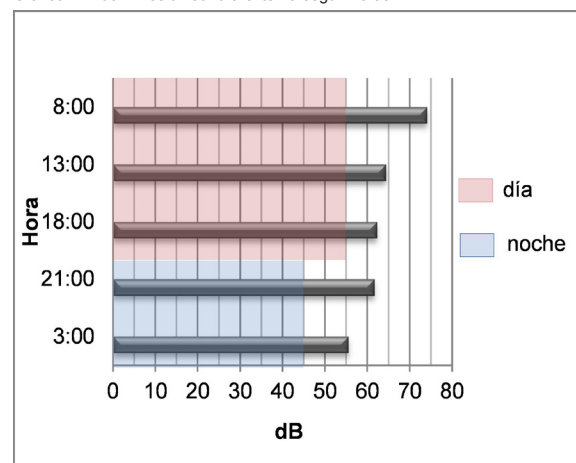
## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### B) Comportamiento Acústico:

En base a la normativa de zonas residenciales, la cual establece que el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y 45 dB en la noche, se ha podido establecer que tanto en el día como en la noche los datos registrados superan el respectivo límite máximo definido como adecuado, siendo más significativo a las 8:00 y 21:00, en donde respectivamente los valores se aproximan a 75 y 65 dB (ver Cuadro N° 105).

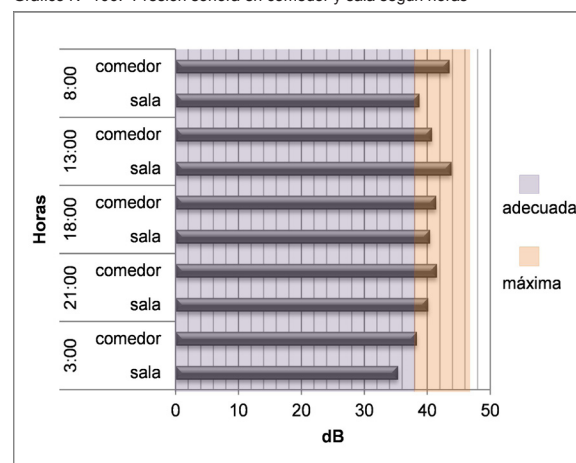
En relación al interior de la vivienda, se ha podido conocer que en la sala y comedor los niveles de sonido superan el rango establecido como adecuado pues se aproximan al valor máximo permitido, especialmente a las 13:00 (sala) y 8:00 (comedor), únicamente a las 3:00 en la sala se encuentra con un nivel de sonido adecuado. (Ver Gráfico N°106). Con respecto a la cocina, como se puede constatar en el Gráfico N°107, en todos los casos se cumple con lo establecido en la norma, mientras que en los dormitorios (ver Gráfico N°108), la mayoría de los casos tanto en el día como en la noche no se encuentran en condiciones de confort acústico, especialmente a las

Gráfico N° 105.- Presión sonora externa según horas



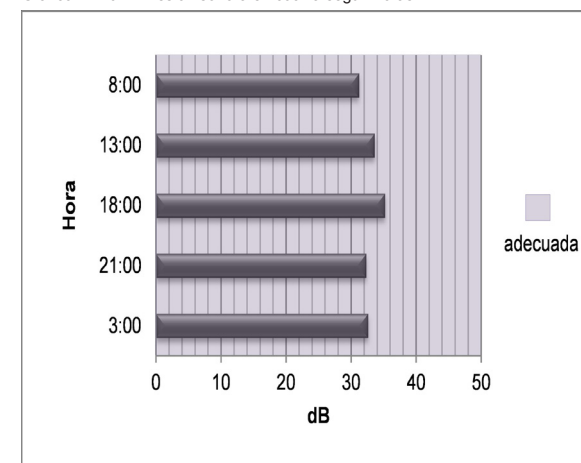
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 106.- Presión sonora en comedor y sala según horas



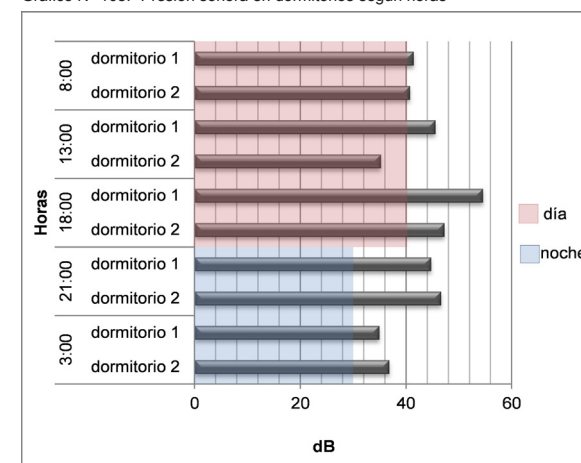
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 107.- Presión sonora en cocina según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 108.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

153

18:00 y 3:00, ya que únicamente en el dormitorio 1 a las 13:00 se cuenta con un nivel de ruido dentro del rango permitido.

De esta manera se puede concluir que el ruido externo afecta significativamente al confort acústico de la vivienda, pues el nivel de sonido registrado al interior de la misma es alto y la mayoría de casos supera al límite establecido como adecuado y en consecuencia afecta el normal desempeño de las actividades especialmente el descanso durante la noche.

### C) Comportamiento Lumínico:

La fachada Frontal, al encontrarse orientada hacia el Sur, en ésta época del año (Junio) no recibe iluminación directa en ningún momento del día, por lo que los espacios que se encuentran dirigidos hacia ésta, que son sala, comedor, dormitorio 1, tanto en la mañana como en la tarde no cumplen con los niveles de iluminación establecidos en la normativa y especialmente en el comedor se cuentan con niveles considerablemente bajos de iluminación, debido a que este ambiente se ilumina a través de la ventana de la sala (ver Gráfico N°109). En estos espacios mencionados, para

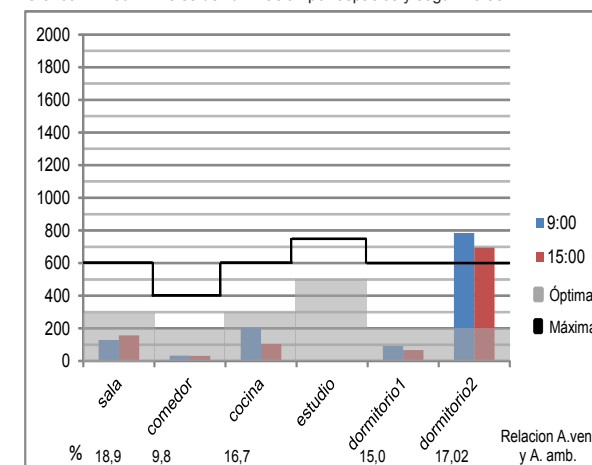
el caso de la sala en la mañana y en la tarde el dato de iluminación registrado se encuentra respectivamente 170 lux y 143 lux por debajo del valor óptimo recomendado en la norma, para el caso del comedor existe un faltante de 268 lux aproximadamente en ambos momentos del día y en el dormitorio 1 el nivel de iluminación es menor al óptimo con 208 lux en la mañana y 234 lux en la tarde.

En cuanto a la cocina, al encontrarse iluminada únicamente a través de un tragaluz existente en la lavandería que se ubica contigua a la cocina, los niveles de iluminación obtenidos en este ambiente son inferiores a los recomendados en la normativa, teniendo un faltante de alrededor de 98 lux en la mañana y de 196 lux en la tarde (ver Gráfico N°109).

Con respecto a la fachada posterior, al encontrarse orientada al Norte, ésta recibe iluminación directa únicamente en la época en que se efectuaron las mediciones, por lo que el dormitorio 2, que se encuentra hacia esta orientación, tanto en la mañana como en la tarde cuenta con valores de iluminación que sobrepasan la máxima establecida en la normativa (ver Gráfico N°109).

Después de este análisis se puede concluir que de manera general la vivienda no cuenta con condiciones adecuadas en cuanto a la iluminación, ya que predominantemente los niveles de iluminación registrados son significativamente inferiores a lo recomendado en la normativa, lo cual se debe a la orientación de la edificación sumado a que la cocina y comedor se iluminan a través de ventanas ubicadas en los ambientes adyacentes. Contrariamente el dormitorio 2 para esta fecha cuenta con niveles elevados de iluminación que pueden ocasionar deslumbramientos.

Gráfico N° 109.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.4.- Vivienda N° 4

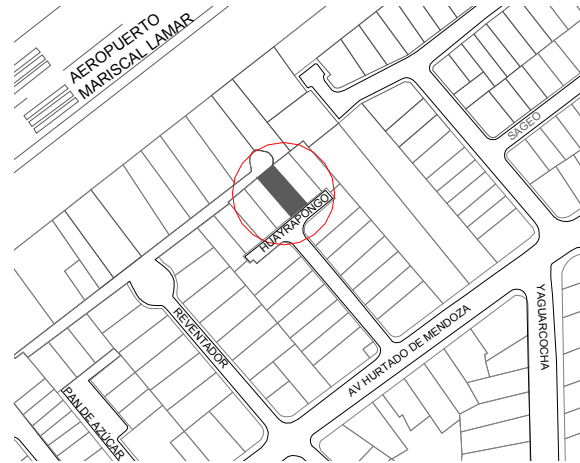
Las mediciones de la vivienda N°4 fueron registradas el 13 de junio de 2011, se encuentra dentro del grupo de viviendas adosadas con una orientación hacia el Sureste y un ángulo de inclinación de 141 grados con respecto al Norte. Como se puede ver en el Gráfico N°110 la vivienda se ubica en la Av. Hurtado de Mendoza y Yahuarcocha, en donde el flujo de vehículos es alto, sin embargo la vivienda se sitúa dentro de una urbanización privada de carácter residencial. Su área de construcción es de 107 m<sup>2</sup> siendo esta de un solo piso.

Entre los espacios considerados para la toma de datos se encuentra la *sala* y *dormitorio 2* dirigidos hacia el Sureste, cuyas áreas son de 10.4 m<sup>2</sup> y 16 m<sup>2</sup> respectivamente. *El dormitorio 1, estudio y cocina* dirigidos hacia el Noroeste con áreas de 10.7 m<sup>2</sup>, 10.9 m<sup>2</sup> y 10.3 m<sup>2</sup>. Y el *comedor* ubicado en la parte central de la casa hacia el Suroeste (ver Gráfico N° 111). Las fachadas Suroeste y Noreste son las que se encuentran adosadas.

El material que predomina en las paredes de la envolvente de la vivienda es

el ladrillo macizo enlucido y pintado, el cual consigue un ancho de 20 cm. Con respecto al piso este es de madera (duelas) en la zona social, mientras que en la cocina y baños es de cerámica y alfombra en los dormitorios y estudio. El techo es de teja mientras que hacia el interior su cielo raso es de estuco. Al exterior de la vivienda, en la parte posterior cuenta con un patio cubierto de vidrio y hacia el frente un garaje de piso duro (hormigón) y una zona de jardín.

Gráfico N° 110.- Ubicación vivienda N° 4



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 15.- Fachada Sureste



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 16.- Fachada Noroeste



Fuente: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

155

### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

En esta vivienda se puede observar que las menores temperaturas se registran a las 7:00 y 3:00 y las mayores temperaturas a las 13:00 y 21:00 manteniéndose estas dos con valores similares. Por lo que se puede notar que la temperatura al interior de la vivienda pasada las 7:00 se mantiene constante hasta las 3:00, hora en la que empieza a disminuir con mayor velocidad su temperatura hasta las 7:00. Por otra parte la diferencia de las temperaturas máxima y mínima del exterior es de 6.°C, mientras que al interior varía de 2.3 a 3 °C.

En la Grafica N° 112 se puede observar que las curvas de temperatura de los diferentes ambientes es la misma, baja a las 7:00 pero con una temperatura superior a la del exterior con 4.9 a 6.1 °C más, mientras que a las 13:00 que es la máxima temperatura registrada, existe poca diferencia entre el exterior e interior siendo esta de 1.3 a 2 °C, manteniéndose al interior las máximas temperaturas. Para las 21:00 los valores han disminuido en menos de 1 grado al interior en relación

a las 13:00, mientras que en el exterior la temperatura a disminuido en 3.4 grados.

Finalmente a las 3:00 su temperatura ambiente externa es la misma que la registrada a las 7:00 pero la diferencia de temperaturas del interior y exterior esta entre los 5.5 y los 7 °C, manteniéndose al igual que en las otras horas la temperatura interna mayor a la externa.

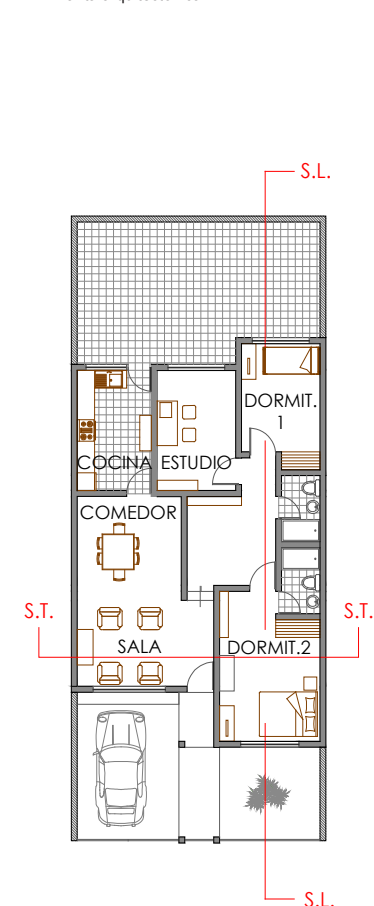
De esta manera se puede ver que la variación de temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 17.9°C y los 21.1°C, pudiendose determinar que la vivienda se encuentra dentro del rango de confort en todas las horas.

En general los ambientes ubicados hacia el Noroeste son más abrigados que los que se encuentran en el Sureste hasta con 1°C a las 7:00 y 3:00, esto se debe a que el patio cubierto con vidrio retiene calor, permitiendo un mejor calentando de las paredes y por tanto las temperaturas de los ambientes aledaños.

#### - Humedad Relativa

Los porcentajes mas altos de humedad se registran a las 7:00 y va bajan-

Gráfico N° 111.- Planta arquitectónica



S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal

Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

do hasta llegar al mínimo porcentaje registrados a las 13:00, en las siguientes horas empiezan a aumentar nuevamente. En esta vivienda se puede decir que al obtenerse como mínimo 52,5% en la cocina y como máximo 61% en la sala, los distintos ambientes presentan porcentajes de humedad aceptables.

En la Gráfica N° 113 se puede observar que a las 7am, al exterior presenta igual o menor porcentaje de humedad (57%) que en los demás ambientes, a excepción del dormitorio 1 (56%). A las 13:00 los valores de todos los ambientes son similares pues se encuentran entre los 52.5% (cocina) y los 54% (dormitorio 2). Hacia las 21:00 el valor de humedad al exterior continúa disminuyendo, siendo este de 51.5% mientras que al interior se mantienen o aumentan con respecto a los anteriores datos. A las 3:00 el valor de humedad relativa del exterior empieza a aumentar significativamente (63%), siendo mayor en relación a los datos de los diferentes ambientes internos de la vivienda los cuales se encuentran con porcentajes entre los 53.5% y 57%.

Con esto se puede ver que los datos de mayor humedad relativa al exterior se dan

a las 7:00 y 3:00, en esta última en mayor medida, mientras que hacia el interior mayores porcentajes de humedad se da a las mismas horas con la diferencia de que en mayor medida ocurre a las 7:00.

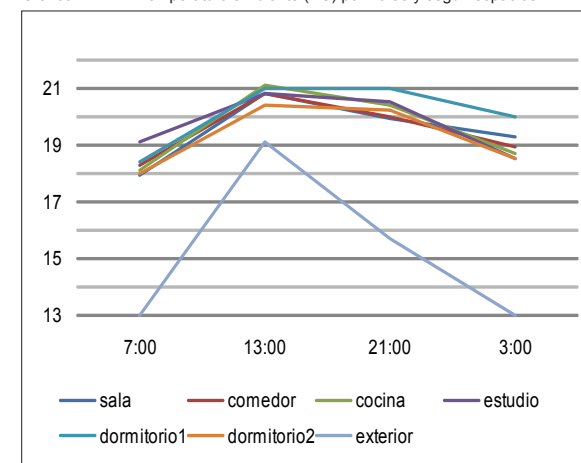
En relación a su orientación los valores de humedad encontrados en las fachadas Noroeste y Sureste son similares.

Considerando la temperatura ambiente y la humedad relativa al interior de la vivienda se puede ver mayores porcentajes de humedad cuando las temperaturas de los diferentes ambientes presentan los menores valores (7:00 y 3:00) y de igual manera se registra menores porcentajes de humedad cuando las temperaturas son las máximas (13:00 y 9:00).

### - Temperatura Radiante

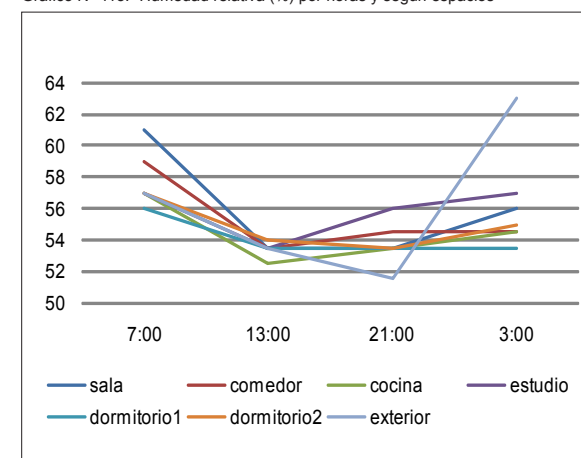
El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido y pintado en ambas caras, en esta se ha determinado los valores de temperatura y humedad interna y externa en las fachadas Noroeste y Sureste. En la fachada Sureste (fachada principal) se puede ver en el Gráfico N° 114 que los valores de temperatura de la pared

Gráfico N° 112.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 113.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

al exterior son menores que los datos registrados al interior en todas las horas, en mayor número de grados a las 7:00 y 3:00 con 3.5 y 3.9 °C respectivamente, hacia las 13:00 la diferencia es de 1.1 °C y a las 21:00 de 2.5°C. Además, mientras al exterior la máxima temperatura de la pared es a las 13:00, al interior la máxima alcanza a las 21:00. Sin embargo desde las 13:00 hasta las 3:00 la variación de sus datos es en menos de 1°C.

Con respecto a las ventanas de vidrio de la misma fachada, los datos de temperatura de la cara externa varían en 1 a 3.5 °C con respecto a la cara interna, siendo mayor la temperatura de esta última en todas las horas de registro, la menor diferencia de temperaturas se da a las 7:00 y la máxima a las 13:00, siendo además esta la hora en que el material presenta mayor temperatura registrada tanto al interior como al exterior. Los rangos de variación de la temperatura al exterior esta entre los 13.8 y 16 °C, mientras que al interior los rangos estuvieron entre los 14.7 y 19.5 °C.

Por otra parte la temperatura ambiente del exterior es similar a la temperatura del vidrio en la cara externa, siendo mayor los

valores que presenta el vidrio a las 7:00 y 3:00 y menor en las otras dos horas.

En cuanto a la puerta de madera, su cara interna mantiene una temperatura elevada, mayor a la del vidrio y similar al ladrillo macizo. En relación a la cara externa e interna a las 7:00, el interior se encuentra con 3.2°C más, hacia las 13:00 sus valores son casi similares siendo mayor el dato del interior con 0.4°C, de igual manera a las 21:00 su diferencia es de 2.2°C, finalmente a las 3:00 la diferencia ya es de 4°C pues hacia la cara externa la temperatura a descendido.

Al compararse las paredes orientadas al Noroeste y Sureste (patio posterior), este último se encuentra en el patio cubierto con vidrio como se mencionó antes, lo cual permitió que los valores de temperatura de esta pared sean mayores que los datos obtenidos de la fachada frontal, tanto al exterior como al interior y de manera significativa pues con respecto al exterior las temperaturas registradas son mayores en hasta en 5.6°C y al interior hasta en 3.5°C más.

El comportamiento del material en esta fachada también es que las temperatu-

ras máximas se dan a las 13:00, tanto en la cara interna como en la externa y de igual manera la menor temperatura se registra a las 3:00.

Al analizarse el vidrio de esta fachada se puede comparar sus resultados con respecto a la anterior, en donde se ha encontrado que la menor temperatura interna y externa en este caso se da a las 3:00 y la máxima se mantiene a la misma hora (13:00). Este patio permitió además que la temperatura externa varíe entre los 16.8 y 23.2 °C, y al interior entre los 17.5 y 22.5 °C. En este caso la temperatura externa del vidrio es mucho mayor a la temperatura ambiente externa.

Las paredes orientadas hacia el Noreste y Suroeste al encontrarse adosadas a las casas aledañas se han tomado los datos de temperatura de las superficies de las paredes al interior de la vivienda en donde se han obtenido valores similares, siendo mayor en hasta 1.5°C en las superficies ubicadas hacia el Noreste. Estas fachadas en relación a las fachadas no adosadas, mantiene durante más tiempo sus temperaturas sin mucha variación.

Con respecto a la cubierta y al piso se

## II CAPÍTULO

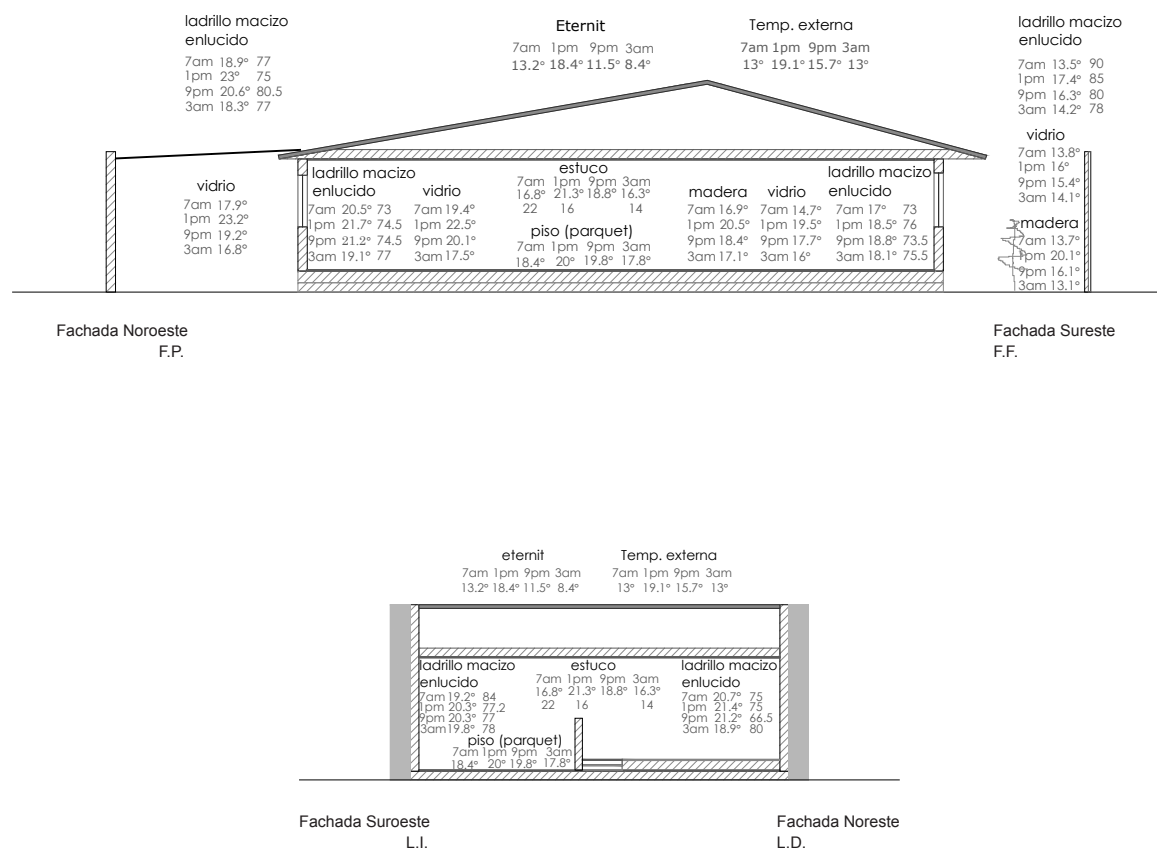
## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

puede notar que las temperaturas más altas se encuentran en el piso (parquet) que en el cielo raso (estuco), obteniéndose mejores temperaturas a las 13:00 y desfavorables a las 3:00. Las variaciones que cada una de estas registran es de 2.2°C en el piso y de 5°C en el cielo raso.

El eternit de la cubierta, presenta datos de temperatura menores a las de la temperatura ambiente externa a las 13:00, 21:00 y 3:00 con 0.7, 4.2 y 4.6°C respectivamente, mientras que a las 7:00 su valor es mayor pero con a penas 0.2°C. Considerando la temperatura de la teja y el cielo raso hay grandes diferencias pues a las 7:00 su interior presenta 3.6°C más que al exterior, a las 13:00 hacia el exterior presenta una mayor temperatura que en el interior con una variación de 2.9°C, a las 21:00 nuevamente en el interior su temperatura supera a la externa en 7.3°C y en 7.9°C a las 3:00.

De manera general se puede ver que gran parte de la temperatura que mantiene la vivienda se debe al patio cubierto con vidrio, sin embargo también se puede notar que las pérdidas se dan por la cubierta pues la temperatura que esta alcanza a las 7:00 y 3:00 son muy bajas. En cuanto

Gráfico N° 114.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

a los demás materiales de la envolvente estos no presentan grandes variaciones de temperatura a excepción del vidrio de las ventanas de la fachada principal la cual se mantiene con valores similares a la temperatura ambiente externa.

Considerando el promedio de la temperatura ambiente del interior de la vivienda y comparándolo con la temperatura de las diferentes superficies de la envolvente, se ha obtenido que con respecto a la pared de ladrillo su diferencia se encuentra por debajo de los 3°C en las diferentes horas de registro, igual comportamiento presenta la madera de las puertas. Mientras que el vidrio de las ventanas expuestas a la intemperie, a las 7:00 presenta una diferencia superior a los 3°C a diferencia del vidrio de las ventanas que dan al patio posterior cubierto, en que en todas las horas se encuentran por debajo de los 3°C. En cuanto a la temperatura del estuco de la cubierta se ha encontrado que a las 3:00 supera el límite de los 2°C.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han

obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi - seco, húmedo, muy húmedo o empapado.

De esta manera con respecto al material predominante, que es el ladrillo macizo enlucido, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran en un rango de 73 a 90 aproximadamente (ver Gráfico N° 114) y con una densidad del ladrillo de 1800 kg/m<sup>3</sup> se puede concluir que el material se encuentra entre semi - húmedo y húmedo.

Además se ha podido determinar que en el interior de la vivienda las superficies se encuentran semi - húmedas de igual manera al exterior en la fachada Noroeste, mientras que al exterior de la fachada Sureste, la superficie se encuentra húmeda. Los menores valores registrados en la cara interna de las cuatro fachadas se da a las 7:00 a excepción de la orientada hacia el Suroeste en que se da a las 21:00, en cuanto al valor máximo este se da indistintamente en las diferentes fachadas. Consideran-

do las superficies externas, en la fachada Noroeste el mínimo valor se registra a las 13:00 (75) y el mayor a las 21:00 (80.5) y en la fachada Sureste la mínima se encuentra a las 3:00 (78) y la máxima a las 7:00 (90). (Ver Gráfico N° 114)

Con respecto a las fachadas no adosadas, realizando una comparación entre estas anteriormente analizadas, se puede ver que la humedad disminuye hacia el interior. Finalmente en la fachada Sureste, se puede observar que en relación a su opuesta (fachada Noroeste), los datos registrados son mayores en la cara externa, lo cual puede ser debido a que esta fachada su encuentra próximo a un jardín, a diferencia de la otra fachada que se encuentra cubierta con vidrio. Sin embargo en las caras internas, estas no presentan mayores diferencias (ver Gráfico N° 114).

Por otra parte, para el caso de la cubierta se tiene que en el recubrimiento exterior que es teja no se ha podido obtener los valores, sin embargo al interior que el material utilizado es estuco, los datos oscilan entre 14 y 22 aproximadamente, con lo cual en base a una densidad de 800 a 1000 kg/m<sup>3</sup> se puede establecer que el material se encuentra muy seco.





### B) Comportamiento Acústico:

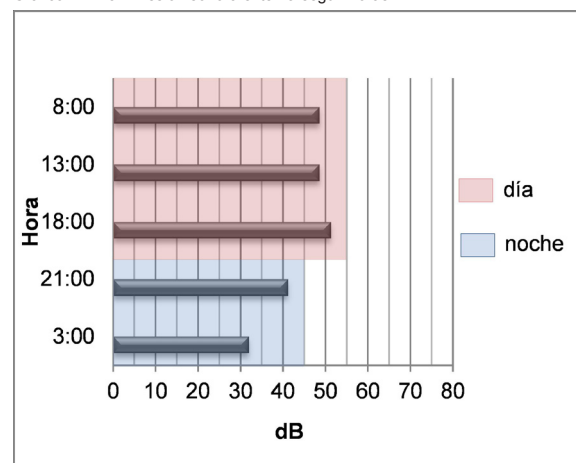
Para determinar el ruido que ingresa al interior de la vivienda se han realizado cinco mediciones al exterior, tres durante el día y 2 durante la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, en las mediciones realizadas se puede ver que la norma se cumple en todas las horas de registro de los diferentes ambientes (ver Gráfico N°115)

En los datos tomados al interior de la vivienda de los diferentes ambientes se tiene que en el comedor y sala en ninguna de las horas estos llegan al rango máximo permitido, encontrándose en niveles de sonido adecuados durante todo el día. (Ver Gráfico N°116).

Considerando los valores obtenidos en la cocina y estudio, en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido adecuado. (ver Gráfico N°117).

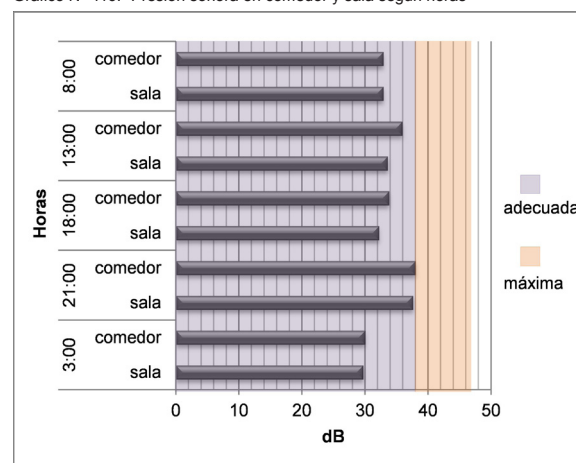
Finalmente en los dormitorios, durante el día estos presentan niveles de sonidos adecuados, al contrario de la noche en que en el dormitorio 2 se ha encontrado que a las 21:00 y 3:00 los valores regis-

Gráfico N° 115.- Presión sonora externa según horas



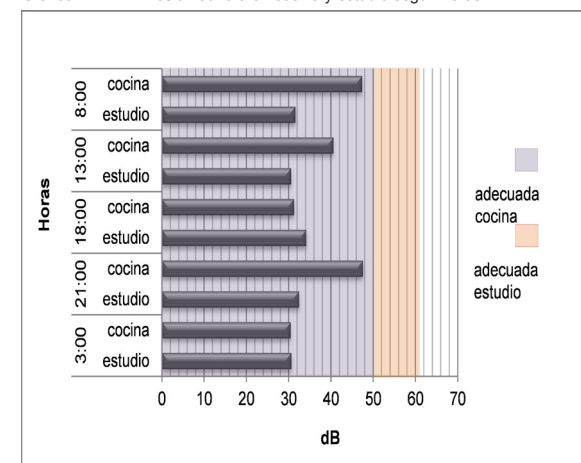
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 116.- Presión sonora en comedor y sala según horas



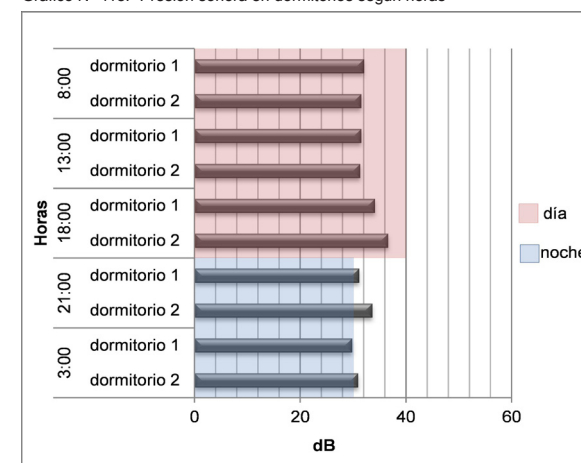
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 117.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 118.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

161

trados superan la norma, y en el dormitorio 1 a las 21:00 (ver Gráfico N°118).

En conclusión el ruido externo que ingresa en la vivienda, no produce molestia pues este se ubica dentro de la norma durante el día, en la noche se puede notar un ligero inconveniente con los dormitorios pues los valores registrados sobrepasan los 30 dB, llegando a un máximo de 36.6 dB.

### C) Comportamiento Lumínico:

La iluminación natural ingresa a la vivienda de Sureste a Noroeste por la fachada frontal de la vivienda iluminando sala, comedor y el dormitorio 2 durante la mañana, con respecto al primer ambiente este sobrepasa la norma máxima recomendada al igual que en la tarde, en el segundo ambiente este no cumple con la norma en ningún momento del día, finalmente en el dormitorio 2 se cumple con la norma sin embargo en la tarde este sobrepasa mínimamente lo recomendado (ver Gráfico N°119).

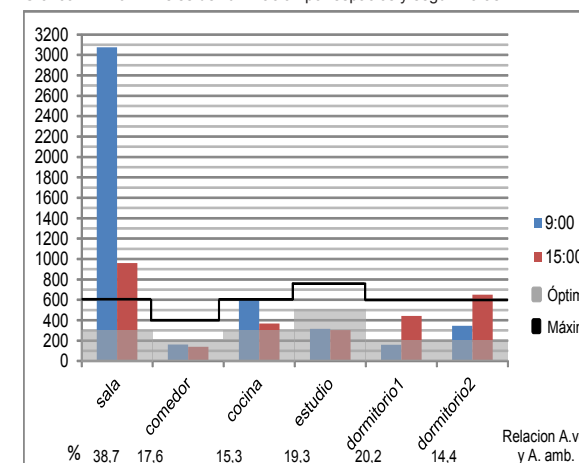
Durante la tarde la iluminación ingresa por la fachada posterior a los ambientes cocina, estudio y dormitorio 1. En la cocina se cumple con la norma tanto en la

mañana como en la tarde, mientras que en el estudio no se cumple con la norma recomendada en ningún momento del día. Considerando el dormitorio 1, este cumple con la norma durante la tarde, mientras que en la mañana se registra un faltante de 41.25 lux (ver Gráfico N°119).

En conclusión el comedor no cumple con la normativa en ninguna de las horas del día debido a que recibe iluminación a través de otro espacio, mientras que en la sala la iluminación recibida sobrepasa la norma máxima lo cual puede causar deslumbramientos.

Considerando la relación entre el área de ventanas y el área del espacio, el dormitorio 2 no cumple con el mínimo especificado por la Ordenanza de Cuenca.

Gráfico N° 119.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

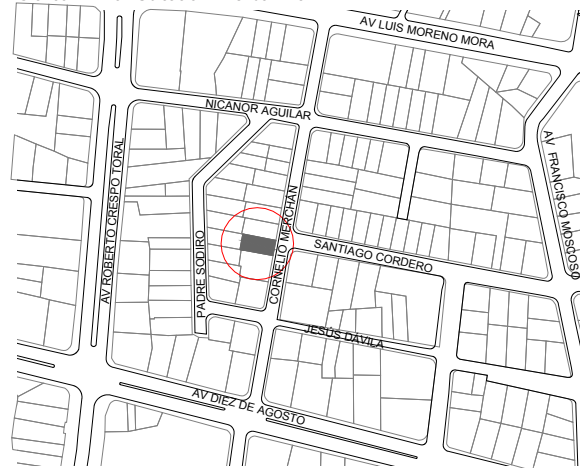
### 2.2.2.5.-Vivienda N° 5

En la vivienda N° 5 las mediciones fueron registradas el 14 de junio de 2011, pertenece al grupo de viviendas adosadas, está orientada en dirección Este y tiene un ángulo de inclinación de 100 grados con respecto al Norte. Como se puede observar en el Gráfico N° 120, ésta se ubica en la calle Cornelio Merchán y Santiago Carrasco, la cual es una zona residencial con un tráfico vehicular considerable, debido a que se encuentra cercana a una vía arterial de la ciudad como es la Av. 10 de Agosto. La vivienda cuenta con dos plantas, teniendo un área de construcción de 170,3 m<sup>2</sup>.

Los espacios en donde se efectuaron la toma de datos son *sala, comedor y cocina*, localizados en planta baja, en donde los dos primeros están orientados hacia el Este y tienen un área de 13,9 m<sup>2</sup> y 11,12 m<sup>2</sup>, respectivamente, mientras que la cocina está dirigida hacia el Oeste y tiene un área de 8,35 m<sup>2</sup>. En planta alta se encuentran el estudio, dormitorio 1 y dormitorio 2, los cuales tienen una orientación hacia el Este y cuyas respectivas áreas son 6,8 m<sup>2</sup>, 11,12 m<sup>2</sup> y 10,19 m<sup>2</sup> (ver Gráfico N° 121).

Con respecto a la envolvente de la edificación, el material que predomina en las paredes es ladrillo macizo enlucido con mortero, las cuales tienen 17 cm de ancho. En cuanto al piso, éste es de madera a excepción de la cocina y baños, mientras que el recubrimiento exterior de la cubierta es eternit y hacia el interior el cielo raso es de estuco. En esta vivienda, la fachada con orientación Norte es adosa en su totalidad, en tanto que la de orientación Sur se encuentra adosada únicamente en planta alta. Además se cuenta con un jardín tanto en el retiro frontal como posterior de la edificación.

Gráfico N° 120.- Ubicación vivienda N° 5



Elaboración: Grupo de Tesis.

Foto N° 17.- Fachada Este



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 18.- Fachada Oeste



Fuente: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

163

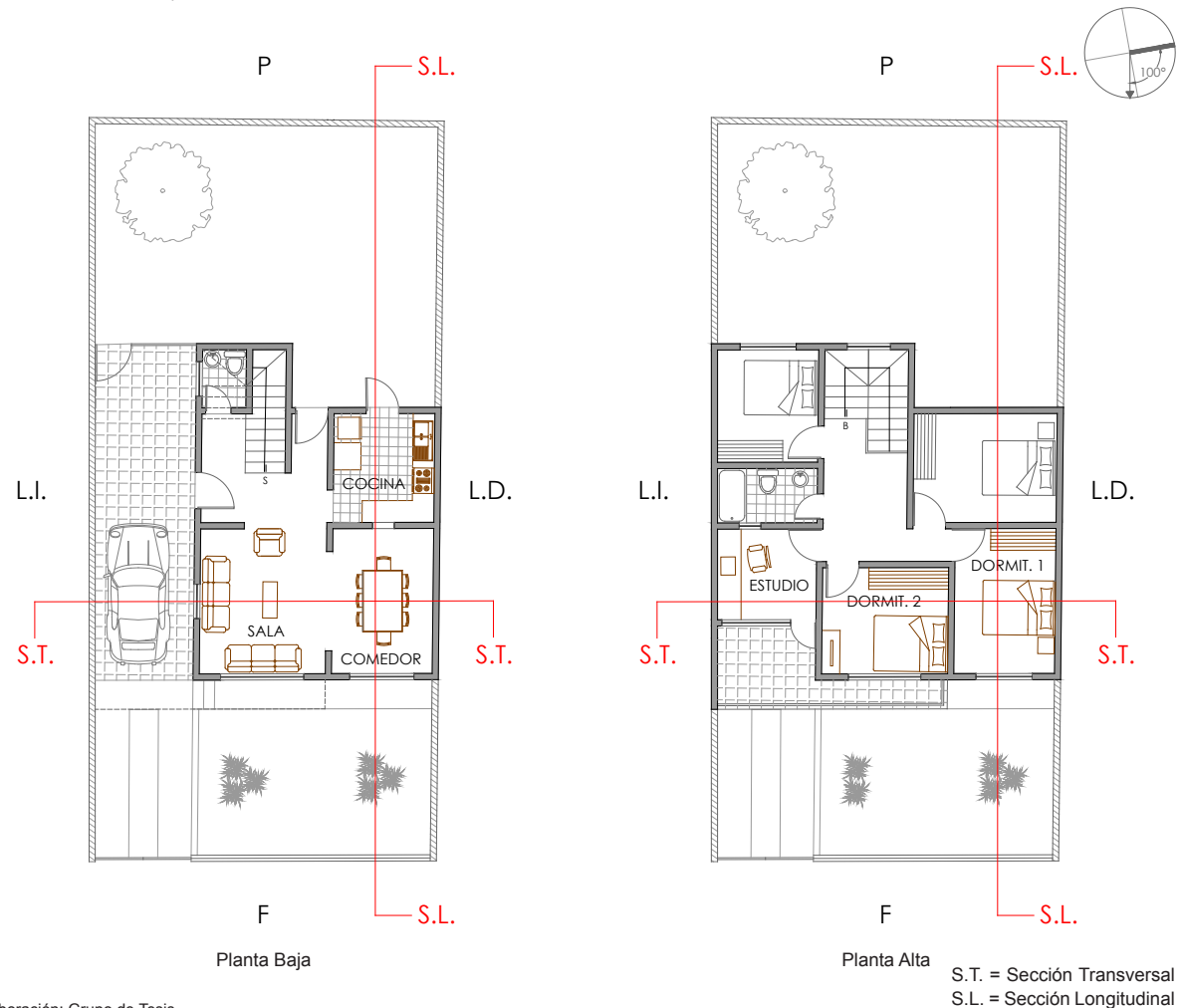
### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

Como se puede constatar en el Gráfico N° 122, las temperaturas mínimas al interior de la vivienda se registran a las 7:00 y 3:00, presentado valores similares en estos dos puntos, sin embargo son menores a las 7 de la mañana a excepción de la sala y comedor. Con respecto a las temperaturas más altas, éstas se presentan a las 13:00 y son mayores en los espacios de planta alta con 0,7 hasta 1,2 °C más que en planta baja. En relación al exterior, las temperaturas mínima registrada son similares tanto a las 7:00 (13°C) como a las 13:00 (12,8), en tanto que la máxima se presenta igualmente a las 13:00 (17,1°C). De esta manera la diferencia entre la temperatura máxima y mínima interior es de 1,8°C en planta baja y de 2,7 °C en planta alta, mientras que con respecto al exterior se tiene una diferencia de 4,3° C.

Realizando un análisis del Gráfico N°122 se puede concluir que las líneas de variación de la temperatura se desarrollan de la misma manera en todos los espacios interiores de la vivienda, ya que a las

Gráfico N° 121.- Plantas arquitectónicas



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

7:00 se cuenta con una temperatura baja, pero superior con 3,3 hasta 3,9 °C a la temperatura exterior, mientras que a las 13:00 la temperatura asciende y si bien se mantiene mayor que en el exterior, no existe una diferencia significativa, ya que al interior es superior con máximo 1,9 °C. A las 21:00 la temperatura desciende nuevamente, pero no llega a valores inferiores que a las 7:00 e igualmente es superior que la temperatura exterior, con mínimo 1,8°C y máximo 2,3°C. A partir de este punto la temperatura continua bajando y las 3:00 se encuentra alrededor de 0,5 y 0,9 °C menor con respecto a los valores registrados a las 21:00, de igual manera la temperatura interior se mantiene mayor que la exterior con hasta 4,3°C.

De acuerdo con este estudio se ha podido determinar que la fluctuación de la temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 16.3 y 19 °C, concluyendo así que con las temperaturas mínimas (7:00 y 3:00) la mayor parte de los ambientes se encuentran fuera del rango de confort, sin embargo en algunos casos las temperaturas se encuentran muy próximas al mínimo límite inferior de dicho rango, en tanto que con las máximas temperaturas así como a

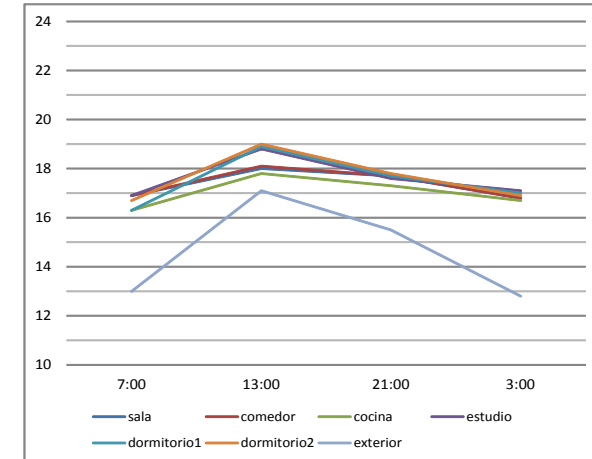
las 21:00 los espacios analizados cumplirían con la condición de confort, especialmente en planta alta a las 13:00.

En cuanto a la orientación de los ambientes se ha podido conocer que si bien no existen mayores diferencias entre las temperaturas de los ambientes orientados hacia el Este o hacia el Oeste, si se puede apreciar que para el caso de la cocina, que es el único espacio dirigido al Oeste, se registran siempre los menores valores de temperatura, sobre todo a las 7:00. Con respecto a la diferencia de temperaturas entre planta alta y planta baja, se ha podido conocer que únicamente a las 13:00 es posible notar una mayor divergencia entre estas dos zonas, ya que durante las demás horas analizadas se mantienen similares.

### - Humedad Relativa

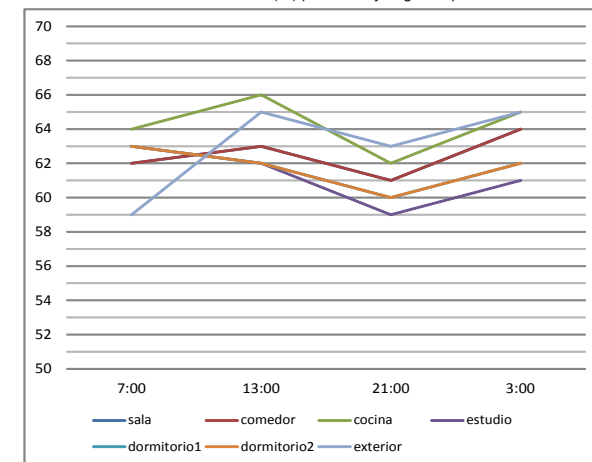
Como se puede constatar en el Gráfico N° 123, los mayores porcentajes de humedad relativa generalmente se presentan a las 7:00 para los ambientes de planta alta y a las 3:00 en los espacios de planta baja, a excepción de la cocina en donde el máximo valor se registra a las 13:00. A las 13:00 la humedad relativa desciende

Gráfico N° 122.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 123.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

165

en el caso de la planta alta y se incrementa en planta baja, desde este punto para todos los ambientes disminuyen los porcentajes de humedad y es a las 21:00 cuando se registran los mínimos valores con respecto a cada espacio analizado. A partir de las 21:00 la humedad relativa asciende nuevamente en todos los casos.

En cuanto a la oscilación de la humedad relativa exterior, el mínimo valor se registra a las 7:00 siendo entre el 3 y 5 % menor que en el interior, mientras que para las 13:00 se presenta el mayor porcentaje, que en esta vez es superior que el interior hasta en un 3%, a excepción de la cocina en donde es menor en 1%. Para las 21:00 la humedad relativa desciende, sin embargo se encuentra superior que la registrada en los ambientes interiores y finalmente a las 3:00 los porcentajes nuevamente se incrementan llegando al mismo valor que se presentó a las 13:00, pero en este caso es superior en todos los espacios interiores e igual para el caso de la cocina. Es así que se puede concluir que el comportamiento de las líneas de humedad entre planta baja y alta difiere únicamente a las 7:00, ya que en los demás puntos la tendencia es la misma. Es importante mencionar que la razón

por la que durante las 13:00 y 3:00 se registrarán los mayores valores de humedad relativa, se debe a la presencia de lluvia durante estos dos momentos.

Con respecto al exterior, la humedad relativa es menor a la del interior únicamente a las 7:00, ya que a las 13:00 ésta es superior que en la mayoría de espacios de la vivienda a excepción de la cocina. Para las 21:00 externamente la humedad relativa es mayor que al interior y lo mismo sucede a las 3:00 excluyendo la cocina en donde se presenta el mismo valor.

De esta manera se tiene que el menor porcentaje registrado en el interior de la edificación es 59% y el mayor es igual al 66%, mientras que en relación al exterior, el mínimo valor de humedad relativa es igualmente 59% y el máximo 65%, con lo cual al comparar la oscilación de la humedad relativa interior (7%) con la exterior (6%), se puede establecer que no existen mayores diferencias.

En cuanto a la orientación de los ambientes y sus respectivos valores de humedad relativa, se puede constatar que la cocina, que como ya se mencionó anteriormente es el único espacio

dirigido al Oeste, presenta los mayores porcentajes de humedad y especialmente se puede notar una mayor diferencia a las 13:00. Exceptuando el caso de la cocina, en cuanto a la diferencia entre los valores de planta alta y planta baja, en esta última son mayores tanto a las 13:00 como a las 21:00 y 3:00, mientras que a las 7:00 la situación de invierte.

Comparando el comportamiento de la temperatura con el de la humedad relativa (ver Gráficos N° 122 y 123) de cada ambiente al interior de la vivienda de manera general se puede constatar que los mayores porcentajes se presentan con las mínimas temperaturas (7:00 y 3:00), a excepción de la cocina en donde se corresponde con la máxima temperatura registrada (13:00). Mientras que los menores valores de humedad relativa se dan igualmente cuando las temperaturas son bajas (21:00), pero no son las mínimas registradas. Con respecto al exterior, los máximos porcentajes de humedad se dan tanto a las 13:00 (máxima temperatura exterior) como a las 3:00 (mínima temperatura exterior), en tanto que el mínimo porcentaje se presenta a las 7:00 cuando la temperatura también se encuentra baja y



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

muy cerca de la extrema registrada, con lo que se puede concluir que en esta vivienda no se puede establecer una tendencia marcada entre el comportamiento de estos dos elementos climatológicos. Con respecto a los rangos de confort, considerando la combinación de las variables temperatura y humedad, se puede concluir que el interior de la vivienda no se encuentra dentro de éste a las 7:00 y 3:00, en tanto que a las 13:00 y 21:00 los valores se ubican dentro de la zona de confort. En relación al exterior se puede decir que se encontraría en condiciones de confort únicamente a las 13:00, no obstante es importante mencionar que la temperatura registrada en este punto es bastante baja ( $17,1^{\circ}\text{C}$ ) y muy próxima a la mínima temperatura aceptada como confortable ( $17^{\circ}\text{C}$ ).

### - Temperatura Radiante

En esta vivienda el material predominante de la envolvente es el ladrillo macizo enlucido en ambas caras y pintado de beige, en donde se ha registrado la temperatura tanto de la cara interior como exterior de la pared en las diferentes fachadas. De esta manera se ha podido conocer que los valores de temperatura co-

rrespondientes a la superficie exterior de la fachada orientada al Este (ver Gráfico N° 124) son menores que la temperatura ambiente exterior a las 7:00 y 21:00, con  $0,2^{\circ}\text{C}$  y  $2,3^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, en tanto que a las 13:00 son iguales y a las 3:00 la temperatura del plano exterior de la pared es mayor con 0,6 grados. Es así que en esta vivienda la temperatura ambiente es bastante similar a la obtenida en el plano exterior de la pared, especialmente a las 7:00, 13:00 y 3:00. Comparando los valores que se presentan en la superficie interna con los de la externa, se ha podido establecer que en todas las horas analizadas es mayor la temperatura de la cara interior de la pared, teniendo a las 7:00  $3,1^{\circ}\text{C}$  de diferencia, para la 13:00 ésta asciende tanto al interior como al exterior existiendo únicamente  $0,3^{\circ}\text{C}$  de variación entre las dos caras de la pared.

Para las 21:00 la temperatura nuevamente desciende en las dos superficies, siendo mayor al interior con  $3,1^{\circ}\text{C}$  y para las 3:00 ésta continúa descendiendo en la parte interior, mientras que al exterior se incrementa, no obstante la variación con respecto a la temperatura registrada a las 21:00 no es muy significativa y se mantiene superior con

$2,7^{\circ}\text{C}$  en la cara interna de la pared. Con respecto a la misma fachada, analizado el segundo material que es vidrio, se ha podido determinar en todas las horas la temperatura de la cara interna es mayor que la registrada en la superficie externa, presentándose a las 13:00 la mayor variación entre los dos planos, siendo ésta de  $2,5^{\circ}\text{C}$ , mientras que en los demás puntos existe una diferencia de hasta  $1,6^{\circ}\text{C}$ . Al efectuar una comparación entre los datos de temperatura ambiental al exterior y la temperatura externa del vidrio, se puede concluir que estos son muy similares a las 7:00 y 3:00, mientras que a las 13:00 y 21:00 se registra una mayor diferencia.

Al analizar la fachada orientada al Oeste (ver Gráfico N° 124), en relación al material predominante de las paredes se puede distinguir que el comportamiento de la oscilación térmica en el transcurso del día se desarrolla de la misma manera, sin embargo las temperaturas en la cara interna son menores que las registradas en la fachada opuesta, mientras que en la cara externa son mayores. De igual manera a diferencia de la fachada Este, la temperatura de la superficie interna a las 13:00 es menor que en la

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

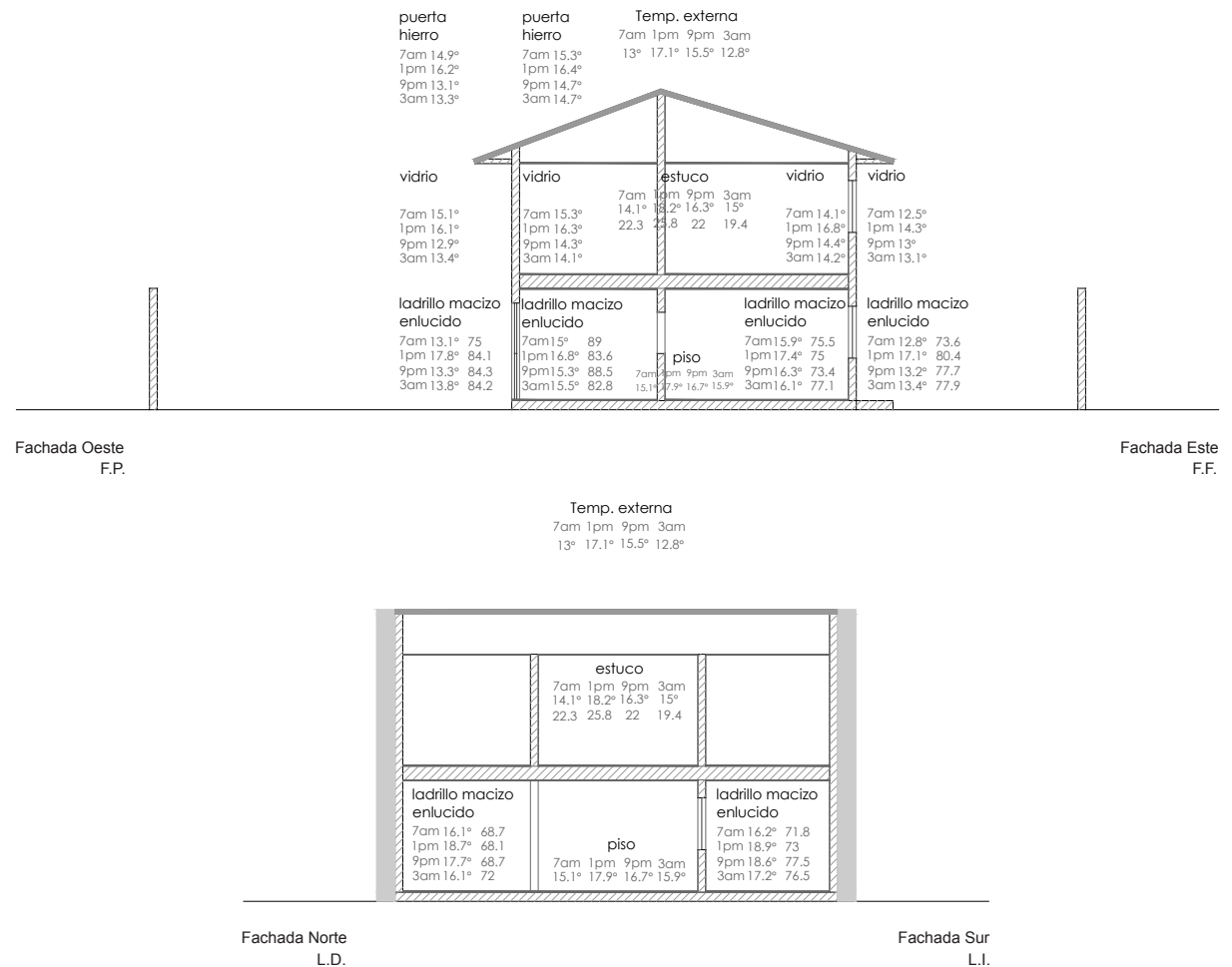
167

externa con  $1^{\circ}\text{C}$ , mientras que en los demás puntos sucede lo contrario y los valores obtenidos en el plano interior son mayores hasta con  $2^{\circ}\text{C}$  respecto de sus correspondientes en el plano externo.

En cuanto al vidrio de esta fachada, se tiene que a las 13:00, 21:00 y 3:00 las temperaturas de la superficie interna son menores que las registradas en la fachada Este, sin embargo no existe una diferencia significativa, mientras que a las 13:00 es mayor la temperatura de la fachada oeste. Con respecto a los valores de la cara exterior, predominantemente éstos son mayores que los obtenidos en la fachada opuesta a excepción de las 3:00, en donde sucede lo contrario. Comparando las temperaturas de la cara interna y externa de esta fachada, se ha podido conocer que en todos los casos son mayores los valores obtenidos hacia el interior.

Analizando otro material presente en esta fachada, que es el hierro (puerta de hierro), se ha podido determinar que su comportamiento es igual que el del vidrio, pues en todas las horas son mayores las temperaturas de la superficie interna, teniendo hasta  $1,6^{\circ}\text{C}$  de diferencia con respecto a los valores de

Gráfico N° 124.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

cara externa. De igual manera la oscilación diaria presenta la misma tendencia. Por otra parte en relación a las paredes orientadas hacia el Norte y Sur (ver Gráfico N° 124), al encontrarse adosadas a las edificaciones aledañas se han obtenido datos de temperatura únicamente de las superficies internas, concluyendo así que éstos son mayores que los registrados en las fachadas aisladas, especialmente a las 13:00 y 21:00. Igualmente en este caso la oscilación térmica en el transcurso del día se desarrolla de la misma manera que en las fachadas aisladas.

Con respecto a la cubierta y piso, cuyos materiales son respectivamente estuco y madera se ha podido conocer que si bien no existen diferencias considerables, las mayores temperaturas se presentan predominantemente en el piso, ya que únicamente a las 13:00 sucede lo contrario y en este punto en menor con  $0,3^{\circ}\text{C}$  la temperatura del cielo raso. En ambos materiales, las máximas temperaturas se presentan a las 13:00 y las mínimas a las 3:00, teniendo una variación entre estos dos extremos de  $2,8^{\circ}\text{C}$  en el piso y de  $4,1^{\circ}\text{C}$  en la cubierta. Es importante mencionar que en cuanto

al recubrimiento exterior de la cubierta que es eternit, no ha sido posible obtener los respectivos datos de temperatura.

Después de haber realizado este análisis, se puede concluir que las menores temperaturas que presenta la envolvente al interior provienen predominantemente del vidrio y hierro, así como también aunque en menor incidencia del piso y cielo raso, ya que los valores registrados se encuentran por debajo del límite inferior del rango de confort, a excepción de las 13:00 en el cielo raso y piso, pues en estos puntos las temperaturas alcanzan valores más elevados que si corresponden a la zona de confort. En cuanto a las mayores temperaturas, éstas se encuentran en las paredes en todas las horas principalmente a las 13:00, no obstante en la mayoría de los casos se ubican fuera del rango de confort.

Adicionalmente se ha podido establecer que durante todo del día la temperatura radiante promedio se mantiene levemente inferior a la temperatura ambiente promedio registrada al interior de la vivienda, teniendo que la máxima diferencia entre estas dos variables es de  $0,87^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto se puede concluir que no existe un

mayor cambio energético entre la temperatura ambiente y la de las superficies de la envolvente, que puede modificar la sensación térmica que experimentan los usuarios. De igual manera se ha podido conocer que la mayor parte del tiempo el cielo raso cuenta con una temperatura similar a la del ambiente, siendo ésta última superior con máximo  $1,88^{\circ}\text{C}$ , en tanto que a las 7:00 entre estos dos valores existe una diferencia que sobrepasa los  $2^{\circ}\text{C}$ .

### - Humedad de la Envolvente

Con respecto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, analizando el ladrillo macizo enlucido se ha podido conocer que los datos registrados en el plano interior y exterior se encuentran alrededor de 60 y 80 (ver Gráfico N° 124), con lo que de acuerdo a la densidad del material ha sido posible establecer que la condición del mismo es semi seca.

Por otra parte se ha determinado que en la fachada Este (ver Gráfico N° 124), a excepción de las 3:00 son menores los valores registrados en la cara interna que los de la externa. La mínima humedad en la superficie interior se presenta a las 21:00 (73,4) y en la exterior a las 7:00

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

(73,6), mientras que la máxima humedad hacia el interior se registra a las 3:00 (77,1) y hacia el exterior a las 13:00 (80,4).

En cuanto a la fachada Oeste (ver Gráfico N° 124), se puede observar que la humeada tanto en el plano interno como externo de la pared se incrementa en relación a los valores registrados en la fachada Este. En este caso a las 13:00 y 3:00 la humedad en la cara interna es menor que en la externa, en tanto que a las 7:00 y 21:00 sucede lo contrario. De esta manera la mínima humedad se presenta a las 3:00 en el plano interno de la pared y a las 7:00 en el externo, siendo respectivamente 82,8 y 75, en tanto que el máximo valor se registra a las 7:00 en la cara interna (89) y a las 21:00 en la externa (84,3).

Con respecto a las paredes adosadas (ver Gráfico N°124), en donde se han obtenido únicamente datos de la superficie interior, se puede concluir que los valores de humedad son menores que los registrados en las fachadas aisladas, especialmente en las paredes orientadas al Sur.

Para el caso de la cubierta es preciso aclarar que no ha sido factible realizar las

mediciones de humedad en el recubrimiento exterior de la misma (eternit), sin embargo hacia el interior (estuco de yeso) se ha podido determinar que las cifras registradas varían entre 20 y 26 aproximadamente, lo cual a partir de la densidad del material nos permite establecer que el mismo se encuentra muy seco.

### B) Comportamiento Acústico:

Para registrar el nivel de ruido que ingresa a la vivienda se han efectuado tres mediciones durante el día y dos durante la noche y a partir de la normativa que establece que para zonas residenciales el sonido no debe sobrepasar los 55 dB en el día y los 45 dB en noche, se ha podido determinar que únicamente a las 3:00 se cumple con ésta norma, ya que en las demás horas y especialmente a las 18:00 y 21:00 el nivel de ruido es superior al máximo permitido (ver Gráfico N°125.)

Al interior de la vivienda, en los ambientes de sala y comedor como se puede observar en el Gráfico N°126, en la mayoría de los casos y más significativamente a las 13:00 los niveles de ruido superan el límite máximo definido en la norma a excepción de las 3:00,

en donde en el comedor el nivel de sonido es adecuado, en tanto que en la sala si bien se supera éste rango, se ubica dentro de los máximos permitidos.

Con respecto a la cocina y estudio, predominantemente se cuenta con un nivel de sonido confortable, aunque en el caso de la cocina a las 13:00 se supera mínimamente el máximo valor permitido. Se puede notar además que a las 8:00 y 18:00 los datos registrados en la cocina son bastante próximos al límite superior del rango definido como adecuado. (Ver Gráfico N°127)

Por último, como se puede apreciar en el Gráfico N°128, en los dormitorios tanto en el día como en la noche se supera los correspondientes límites establecidos en la norma, especialmente a las 21:00 y 8:00, sin embargo a las 3:00 los niveles de sonido sobrepasan mínimamente el valor máximo permitido.

Como conclusión se puede establecer que a excepción de la cocina y estudio, los demás ambientes de la vivienda se ven afectados por el ruido externo, pues no cuentan con condiciones de confort acústico en la mayoría de casos, lo cual





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

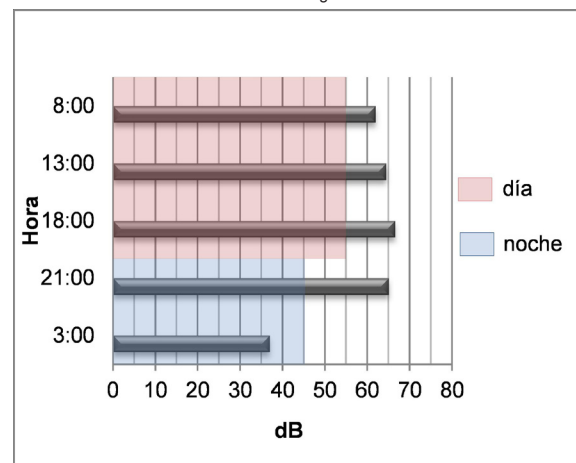
perjudica el normal desarrollo de las actividades sobre todo durante la noche.

### C) Comportamiento Lumínico:

Durante las mañanas la iluminación natural ingresa a la vivienda por la fachada Frontal (Este), iluminando directamente los espacios de sala, comedor, estudio, dormitorio1 y dormitorio2, en donde como se puede apreciar en el Gráfico N° 129, en la mañana se cuenta con niveles de iluminación que sobrepasan significativamente los máximos recomendados en la normativa. Durante la tarde, en la sala, comedor y dormitorio2 los valores registrados superan mínimamente los máximos establecidos, en tanto que en el estudio y dormitorio1 los valores se encuentran entre el rango de óptimo y máximo.

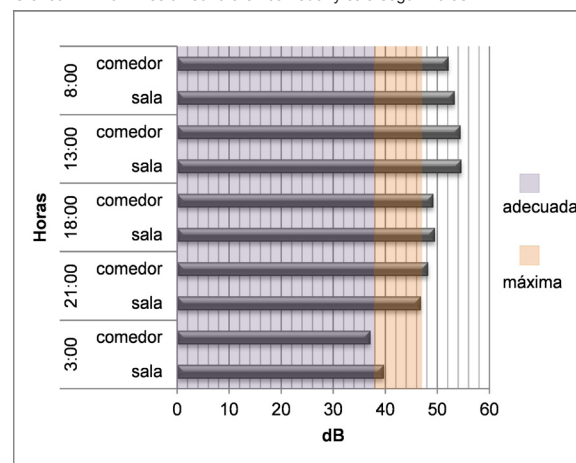
La fachada posterior (Oeste) recibe iluminación directa en las tardes y aunque la cocina se ubica en esta orientación, los niveles de iluminación obtenidos en este ambiente son bastante inferiores a lo recomendado en la normativa, ya que se tiene un faltante de aproximadamente 268 lux tanto en la mañana como en la tarde (ver Gráfico

Gráfico N° 125.- Presión sonora externa según horas



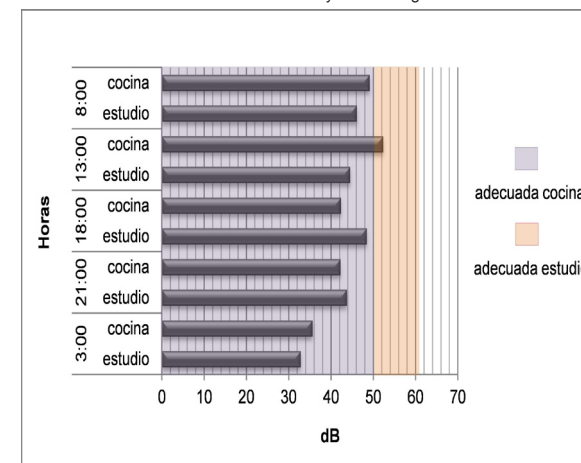
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 126.- Presión sonora en comedor y sala según horas



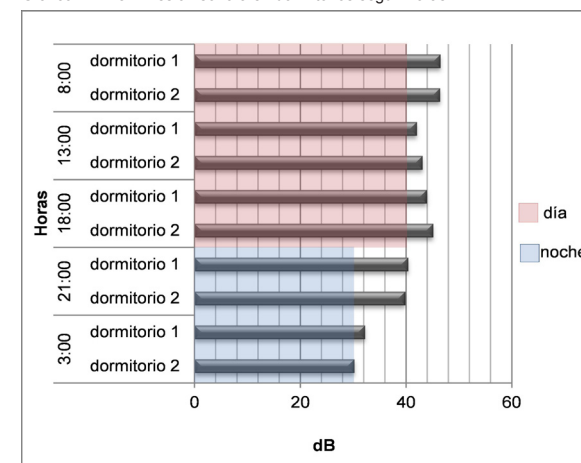
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 127.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 128.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

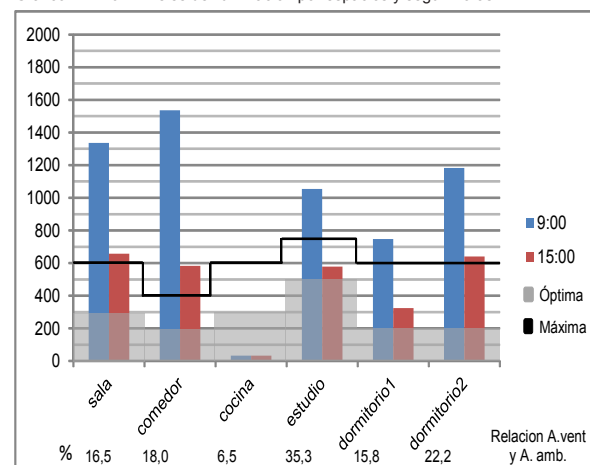
171

N°129), lo cual se explica debido a que la superficie de ventanas es únicamente el 6,5% de la superficie de la cocina. Como conclusión se puede establecer que los niveles de iluminación si bien predominantemente superan lo establecido en la norma, en algunos ambientes los elevados valores que se presentan en las mañanas pueden ocasionar problemas debido a deslumbramientos.

Sin embargo de manera general se puede establecer que la mayoría de ambientes cuentan con una iluminación natural adecuada y a excepción de la cocina, el

porcentaje del área de ventanas en relación al del ambiente cumple con lo determinado en la ordenanza, que es el 15%.

Gráfico N° 129.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.6.- Vivienda N° 6

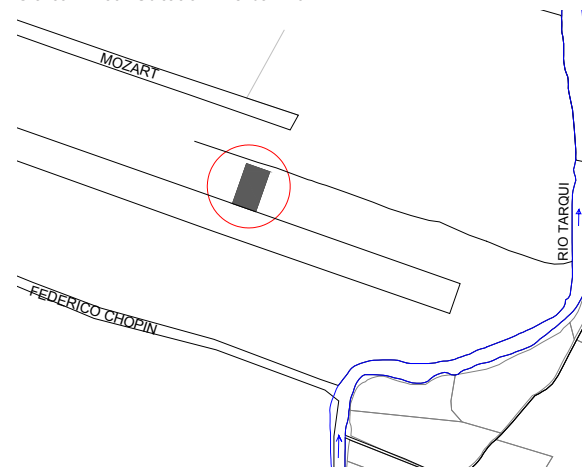
Las mediciones de la vivienda N°6 fueron registradas el 15 de junio de 2011, se encuentra dentro del grupo de viviendas aisladas con una orientación hacia el Sur y un ángulo de inclinación de 176 grados respecto al Norte. Se ubica en la zona de Narancay como se puede ver en el Gráfico N° 130, en donde el flujo de vehículos es bajo. Además la vivienda se sitúa dentro de una urbanización privada de carácter residencial. Su área de construcción es de 180 m<sup>2</sup> siendo esta de dos pisos.

Entre los espacios considerados para la toma de datos se encuentra la *sala* (19.6 m<sup>2</sup>) y *estudio* (8.4 m<sup>2</sup>) hacia la fachada Sur, orientados además hacia el Oeste y Este respectivamente, la *cocina* (13.9 m<sup>2</sup>) y *comedor* (11.6 m<sup>2</sup>) en la fachada Norte orientados hacia el Oeste y Este. En planta alta los ambientes medidos son el dormitorio 1 (11.2 m<sup>2</sup>) ubicado hacia el Norte y Oeste y el dormitorio 2 (10.9 m<sup>2</sup>) dirigidos hacia el Sur y Este (ver Gráfico N° 131).

El material que predomina en las paredes de la envolvente de la vivienda es el ladrillo hueco, enlucido y pintado, la cual consiguen un ancho de 24 cm en

la fachada principal y de 17 cm en las demás fachadas. Con respecto al piso este es de madera (duela) en la zona social, mientras que en la cocina y baños es de cerámica y alfombra en los dormitorios. El techo es de teja mientras que hacia el interior su cielo raso es de estuco. Con respecto al exterior de la vivienda, cuenta con jardines en todos los alrededores de la vivienda, principalmente en la fachada principal y posterior.

Gráfico N° 130.- Ubicación vivienda N° 6



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 19.- Fachada Sur



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 20.- Fachada Norte



Fuente: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

173

Foto N° 21.- Fachada Este y Sur



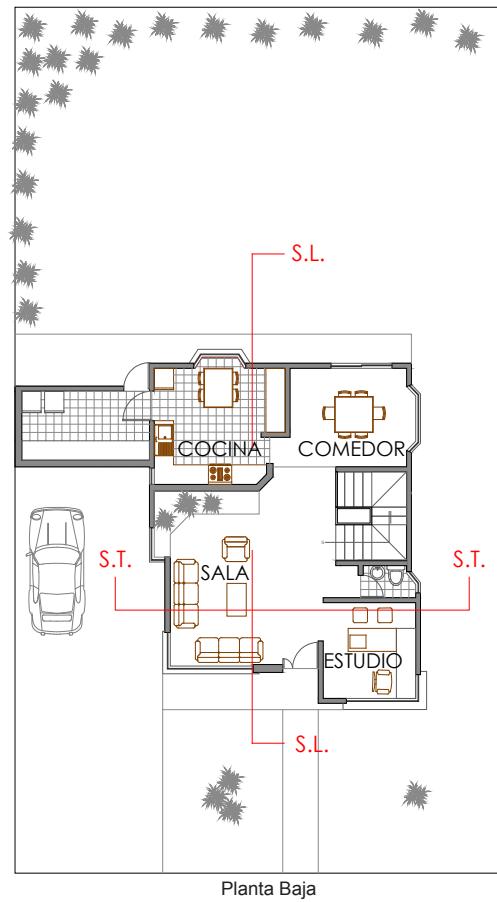
Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 22.- Fachada Oeste y Sur

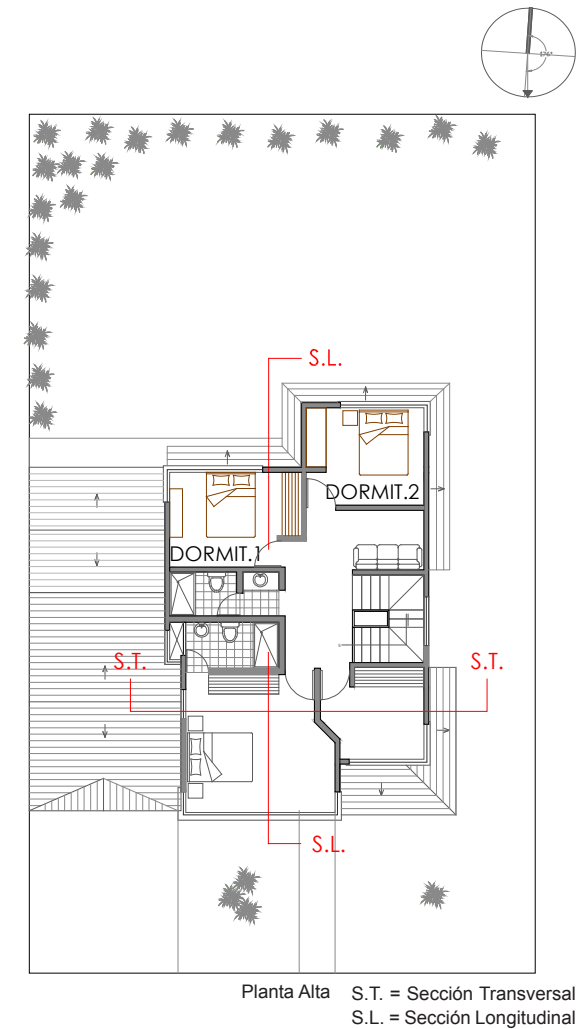


Fuente: Grupo de Tesis

Gráfico N° 131.- Plantas arquitectónicas



Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

En esta vivienda se puede observar que las menores temperaturas se registran a las 3:00, 21:00 y 7:00 mientras que las mayores a las 13:00. Por lo que se puede notar que la temperatura al interior de la vivienda pasada las 7:00 se eleva hasta en 1.2°C, sin embargo hasta las 21:00 nuevamente se encuentra con valores iguales o similares de las 7:00. Hacia las 3:00 a descendido 0.5 °C más como en el caso del dormitorio 2. Por otra parte la diferencia de las temperaturas máxima y mínima del exterior es de 6 grados, mientras que al interior varía de 1.2 a 2.1 °C.

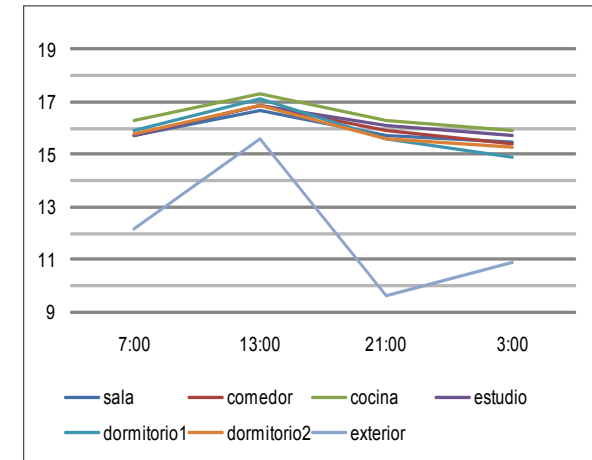
En la Gráfica N° 132 se puede observar que las curvas de temperatura de los diferentes ambientes es la misma, baja a las 7:00 pero superior a la del exterior en 3.5 °C a 4.1°C, mientras que a las 13:00 que es la máxima temperatura registrada, existe en el interior desde 1.1 hasta 1.7 grados más. Para las 21:00 los valores han disminuido en 1°C al interior, a excepción del dormitorio 1 en que ha disminuido hasta en 1.5°C, mientras que en el exterior la temperatura a disminuido en

6°C, siendo la hora de menor grados registrados. Finalmente a las 3:00 su temperatura ambiente externa ha aumentado 1.3°C en relación a la anterior hora, a pesar de ello al interior continua disminuyendo pero levemente. La diferencia de grados del interior y exterior en esta hora varía entre los 4 y 5 grados, manteniéndose al igual que en las otras horas la temperatura interna mayor a la externa.

De esta manera se puede ver que la variación de temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 14.9°C y los 17.3°C. Pudiéndose determinar que la vivienda se encuentra fuera del rango de confort en la mayor parte de las horas registradas, a excepción de las 13:00 en algunos ambientes como la cocina y dormitorio1. Estos resultados registrados puede deberse a que en este día la máxima temperatura externa registrada es baja y además al ser una vivienda aislada, mas superficies se encuentran expuestas al ambiente externo.

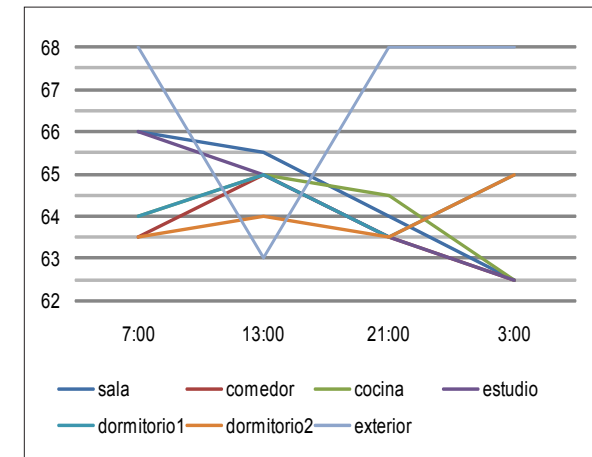
Coincidentemente se puede ver que la cocina y dormitorio 1 que han logrado llegar a los 17°C se encuentran orientados hacia el Sur y Oeste. Pero así mismo el dormitorio 1 es el que ha presen-

Gráfico N° 132.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

Gráfico N° 133.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

175

tado la menor temperatura registrada en la vivienda. En general los ambientes de planta alta se mantienen mas abrigados a las 7am y 1pm, mientras que a las 9pm y 3am, en planta baja se encuentran con mejores temperaturas.

### - Humedad Relativa

Como se puede ver en el Gráfico N° 133, en el exterior los porcentajes más altos de humedad se registran a las 7:00 y va bajando hasta llegar al mínimo porcentaje registrado a las 13:00 (63%), en las siguientes horas empieza a aumentar nuevamente hasta llegar al mismo valor registrado en la mañana y se mantiene así hasta después de las 21:00 (68%). Por el contrario en cuanto a los ambientes internos de la vivienda, estos se encuentran con resultados de humedad menores que al exterior a la 7:00, 21:00 y 3:00, mientras que a las 13:00 su humedad es mayor que la registrada al exterior.

Las porcentajes mínimo y máximo encontrados son de 62% y 66% respectivamente, pudiéndose determinar que sus valores se encuentran dentro del rango aceptable. Considerando la temperatura ambiente y la humedad relativa al interior de la

vivienda se puede ver que las graficas son similares, pues donde se registra mayor temperatura también coincide ser la hora de mayor humedad, lo mismo ocurre en caso contrario. Sin embargo en cuanto a humedad relativa y temperatura ambiente en el exterior su comportamiento es opuesto, pues a mayor temperatura se presenta menores porcentajes de humedad y viceversa.

### - Temperatura Radiante

El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo hueco enlucido en ambas caras y pintado, en esta se ha determinado los valores de temperatura y humedad interna y externa en todas las fachadas.

Con respecto a la temperatura de los materiales se ha determinado que las fachadas orientadas al Sur y Oeste mantienen valores más elevadas que las otras dos, sobre todo en la última mencionada, esto ocurre tanto en el ladrillo hueco como en el vidrio.

En el Gráfico N° 134 se puede ver que los valores de la temperatura de la pared al exterior son menores que los datos re-

gistrados al interior en todas las horas, en mayor número de grados a las 21:00 y 3:00 en las diferentes fachadas, sobre todo en las orientadas hacia el Norte y Este. Las variaciones que estas presentan a las 21:00 es de 4.6 y 5.6 grados respectivamente y a las 3:00 con variaciones de 4,1 y 4.3 entre el exterior e interior. Por otro lado la mayor temperatura que las paredes de ladrillo hueco registran tanto al interior como al exterior es a las 13:00.

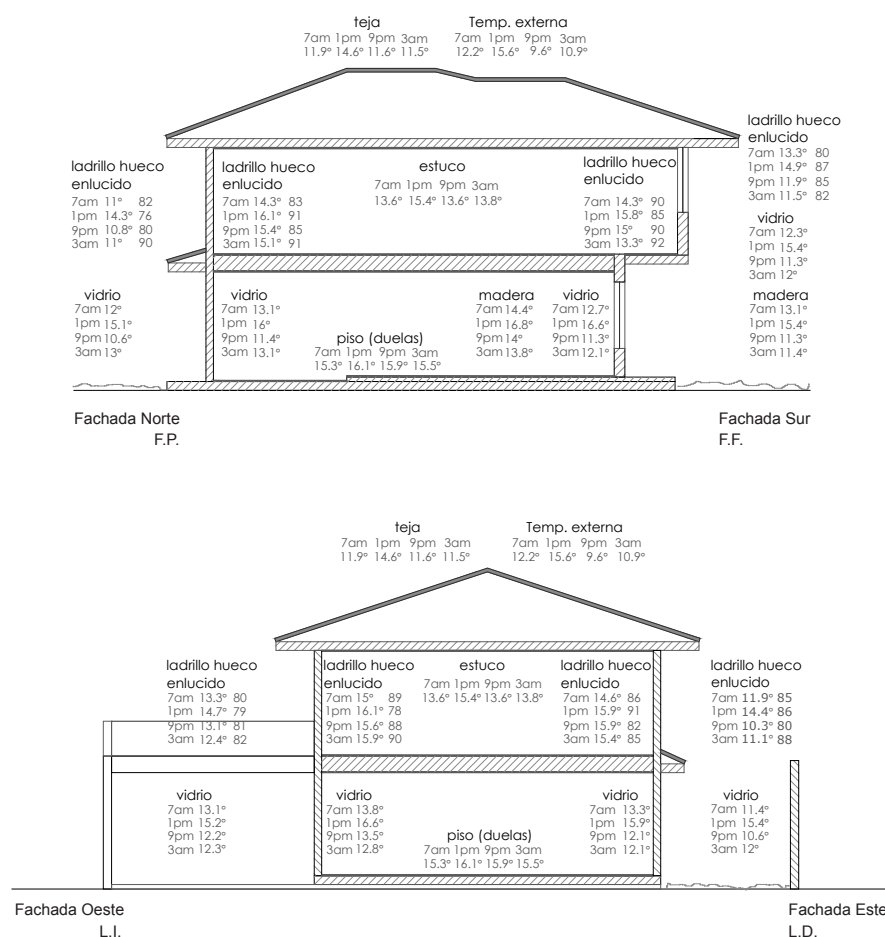
Con respecto a las ventanas de vidrio, se puede ver que en todas las horas registradas la temperatura en la cara interna de este material se encuentra con mayor número de grados en relación a la cara externa en las cuatro fachadas. De igual manera la mayor temperatura que presentan las dos caras se da a las 13:00, mientras que la menor se registra a las 21:00 a excepción de la fachada orientada al Oeste en que la menor temperatura al interior se da a las 3:00. Los datos de temperatura al exterior e interior varían en 0.1 y 1.9 grados. Además que la temperatura que estas adquieren la cara externa son similares a la temperatura ambiente del exterior. Considerando la madera utilizada en la fachada principal (fachada Sur) al igual

que el ladrillo hueco y el vidrio, las menores temperaturas al exterior la adquieren a las 21:00 y 3:00, mientras que la mayor la obtiene a las 13:00. En relación a la cara externa e interna se puede ver que a las 7:00 en el interior se encuentra 1.3°C más que al exterior, a las 13:00 1.4°C más, sin embargo a las 21:00 y 3:00 la diferencia es aun mayor siendo de 2.7 y 2.4 grados respectivamente.

Con respecto a la cubierta y al piso se puede notar que las temperaturas más altas se encuentran en el piso (duela) que en el cielo raso (estuco), obteniéndose los valores más altas a las 13:00 y mas bajos a las 7:00. Las variaciones que cada una de estas registran es de 0.8°C en el piso y de 1.8°C en el cielo raso. En la teja de la cubierta, presenta datos de temperatura menores a las del ambiente externa a las 7:00 y 13:00, con diferencia de 0.3 y 1 grado respectivamente y temperaturas mas altas a las 21:00 y 3:00 con diferencia de 2 y 0.6 grados.

Al compararse entre la temperatura de la teja y la del cielo raso, se ha encontrado que en todas la horas al interior la temperatura es mayor que al exterior, pues a las 7:00 su diferencia es

Gráfico N° 134.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

177

1.8 grados, a las 13:00 0.8 grados, a las 21:00 2 grados y finalmente a las 3:00 2.3 grados, siendo esta la mayor variación de temperatura registrada.

Por otra parte al comparar el promedio de la temperatura ambiente del interior de la vivienda con la temperatura interna de las superficies se ha encontrado que la diferencia entre estas es menor a 3°C en las paredes de ladrillo y en la madera de las puertas, en las diferentes horas de registro.

Por el contrario el vidrio de las ventanas presentan diferencias según su orientación pues en la fachada Sur únicamente a las 13:00 la diferencia de temperaturas esta por debajo de los 3°C, mientras que en la fachada Norte a las 21:00 se ha registrado una temperatura que sobrepasa los 3°C, de igual manera se ha encontrado a las 3:00 en la fachada Oeste. En cuanto a la fachada Este las horas en que se registra una mayor diferencias de temperatura se da a las 21:00 y 3:00.

Considerando la temperatura de la cubierta al interior se ha encontrado que a las 3:00 y 21:00 los valores superan los 2 grados.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi seco, húmedo, muy húmedo o empapado. De esta manera con respecto al material predominante, que es el ladrillo hueco enlucido, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran en un rango de 76 a 92 aproximadamente (ver Gráfico N° 134) y con una densidad del ladrillo de 770 kg/m<sup>3</sup> se puede concluir que el material se encuentra húmedo.

Igualmente se ha podido determinar que la humedad en todas las fachadas tanto al interior como al exterior presenta valores similares, no pudiéndose determinar la fachada con mayor incidencia de humedad, sin embargo se ha podido constatar que en la mayoría de casos hacia el interior la humedad se incrementa en relación a la del exterior. Con respecto a máximos y mínimos según las horas, se tiene que a las 3:00 en

las superficies externas presentan valores máximos, al contrario del interior en que los máximos valores se han registrado a las 13:00 y 3:00 a excepción de la fachada Sur en que el mayor índice también se encontró a las 7:00 (ver Gráfico N° 134). En relación a los mínimos valores en el exterior en la fachada Sur se encontró a las 7:00, en la fachada Norte y Oeste a las 13:00 y en la fachada Este a las 21:00, mientras que al interior en la fachada Sur y Oeste se ha registrado a las 13:00, en la fachada Norte a las 7am y finalmente en la fachada Este a las 9pm.

Con respecto a la fachada Sur, realizando una comparación con su opuesta (fachada Norte), esta se encuentra con mayores valores de humedad, en cuanto a la fachada Este y su Opuesta la fachada Oeste se encuentra que la primera mencionada presenta mayores índices de humedad (ver Gráfico N° 134). Por otra parte, es preciso aclarar que para el caso de la cubierta no ha sido posible registrar los datos.

### B) Comportamiento Acústico:

Para determinar el ruido que ingresa al interior de la vivienda se han realizado cinco



mediciones al exterior, tres durante el día y 2 durante la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, en las mediciones realizadas se puede ver que la norma se cumple en todas las horas de registro de los diferentes ambientes (ver Gráfico N° 135).

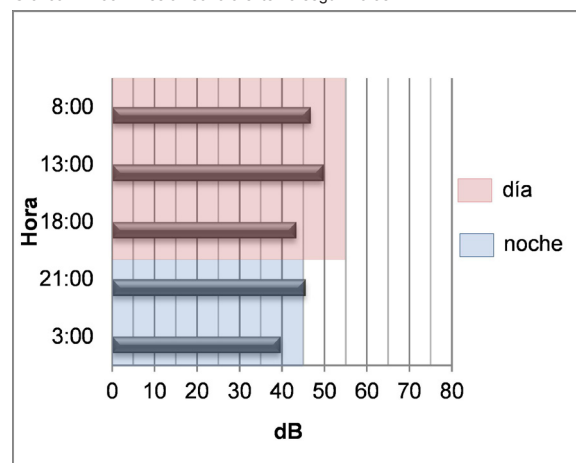
En los datos tomados al interior de la vivienda de los diferentes ambientes se tiene que en el comedor y sala se encuentran dentro del rango adecuado, únicamente a las 21:00 el comedor presenta un valor que se ubica dentro del rango máximo permitido (ver Gráfico N° 136).

Considerando los valores obtenidos en la cocina y estudio, en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido adecuado (ver Gráfico N° 137).

Finalmente en los dormitorios, durante el día estos presentan niveles de sonidos adecuados, al contrario de la noche en que los datos sobrepasan la norma mínimamente (ver Gráfico N° 138).

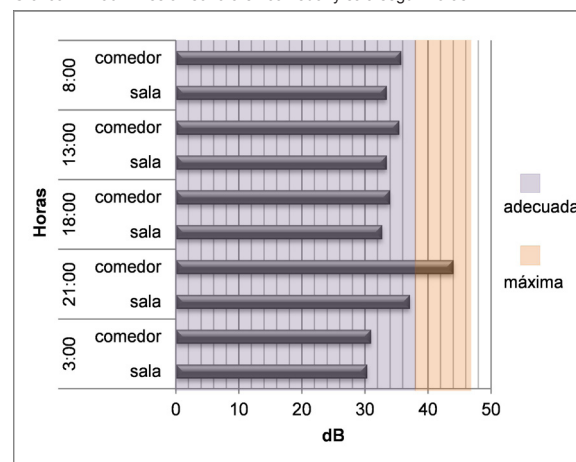
En conclusión el ruido externo que ingresa en la vivienda, no produce molestia pues este se ubica dentro de la

Gráfico N° 135.- Presión sonora externa según horas



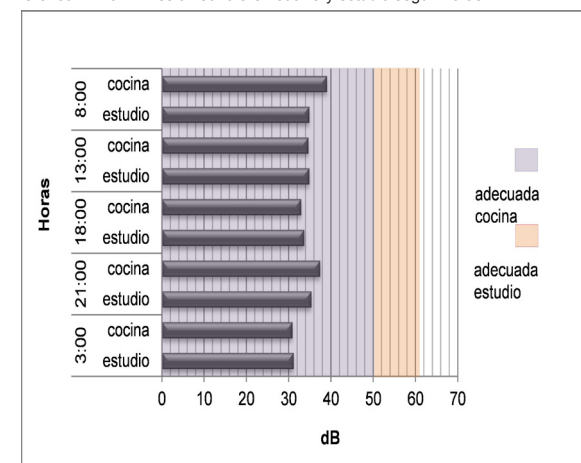
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 136.- Presión sonora en comedor y sala según horas



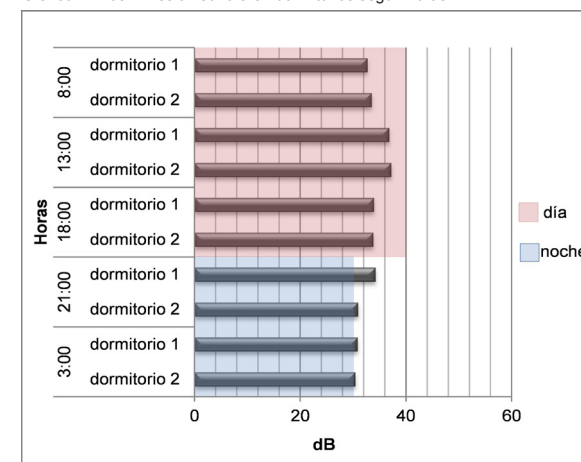
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 137.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 138.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

179

norma, únicamente en los dormitorios los valores pasan los 30 dB sugeridos llegando a un máximo de 34.2 dB.

### C) Comportamiento Lumínico:

La iluminación natural directa ingresa a la vivienda por las fachadas laterales, durante la mañana los ambientes que reciben iluminación del Este son el comedor, estudio y dormitorio 2. Considerando el primer ambiente mencionado en ningún momento del día este cumple con la norma, en cuanto al segundo ambiente este sobrepasa la norma máxima mínimamente durante la mañana mientras que en la tarde presenta un valor muy cercano a lo recomendado. El dormitorio 2 presenta iluminación adecuada durante todo el día (ver Gráfico N° 139).

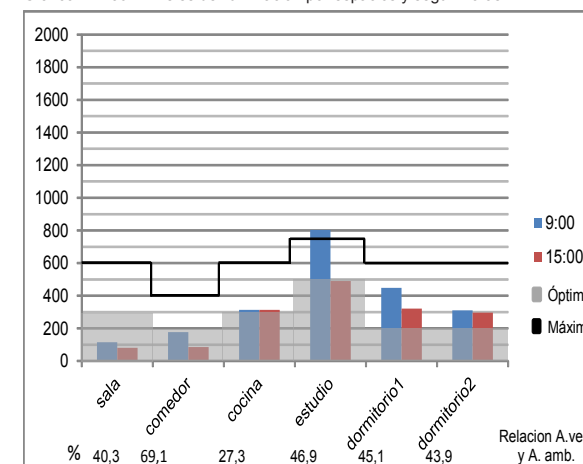
Los ambientes que reciben la iluminación del Oeste en la tarde son sala, cocina y dormitorio 1. En la cocina se ha encontrado valores óptimos de iluminación tanto en la mañana como en la tarde, mientras que en la sala los datos registrados no presentan valores adecuados encontrándose muy por debajo de la norma. Finalmente en el dormitorio 1 los datos muestran que

cumple la norma (ver Gráfico N° 139).

En conclusión la sala y comedor son ambientes que no cumplen con la norma recomendada pues las ventanas con mayor área se orientan en el Norte y Sur mientras que las ventanas ubicadas en dirección Este y Oeste son de menor área. No se encontró ningún caso en que presente problemas de deslumbramiento por sobrepasar la norma de manera considerable.

Considerando la relación existente entre el área de ventanas y el área del ambiente en todos los casos se cuenta con el porcentaje establecido por la Ordenanza de Cuenca.

Gráfico N° 139.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

181

Foto N° 24.- Fachada Suroeste



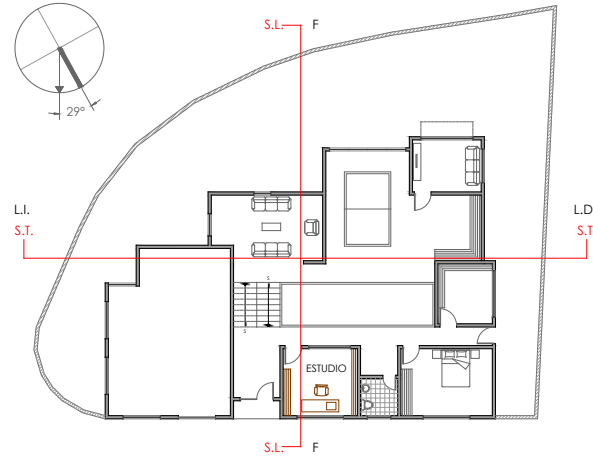
Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 25.- Fachada Sureste

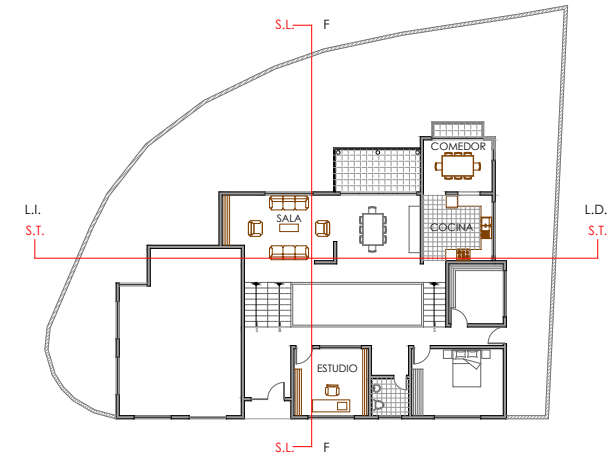


Fuente: Grupo de Tesis.

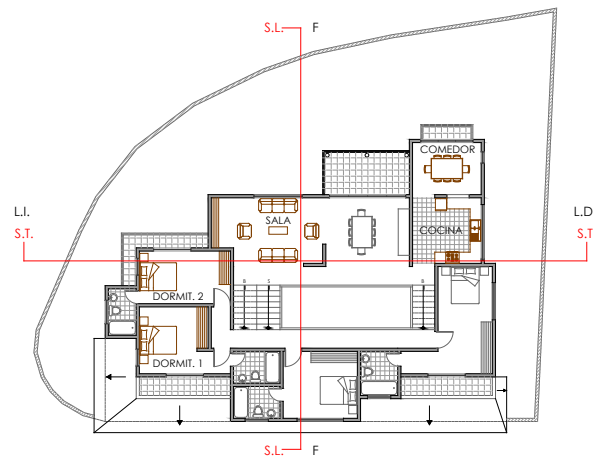
Gráfico N° 141.- Plantas arquitectónicas



Planta Baja y Primera Planta Alta

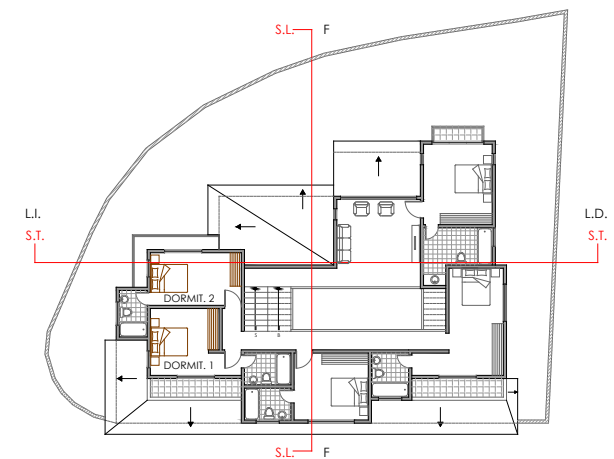


Primera Planta Alta y Segunda Planta Alta



Segunda Planta Alta y Tercera Planta Alta

Elaboración: Grupo de Tesis.



Tercera Planta Alta y Cuarta Planta Alta

S.T. = Sección Transversal - S.L. = Sección Longitudinal



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

los diferentes espacios analizados. De esta manera la diferencia entre la temperatura máxima y mínima interior en el tercer nivel se encuentra entre 2,2 °C (sala) hasta 3,5 °C (comedor), en tanto que en el cuarto nivel es de 3°C en el dormitorio 2 y de 3,3 °C en el dormitorio1.

Analizando la gráfica de temperatura (ver Gráfico N°142), se puede concluir que esta se desarrolla de la misma manera para todos los ambientes, ya que a las 7 de la mañana se cuenta con una temperatura baja, pero superior a la registrada en el exterior con 2,8 hasta 4 °C, mientras que a las 13:00 la temperatura asciende en todos los ambientes, sin embargo en este punto es inferior a la del exterior con o de 5,4°C hasta 6,6°C. Para las 9 pm, sucede lo contrario, es decir la temperatura nuevamente desciende, encontrándose superior al interior que al exterior, con un mínimo de 4,5 y un máximo de 5,1 grados de diferencia. Igualmente para las 3 de la mañana la temperatura continua bajando y dentro de la vivienda se mantiene mayor que al exterior con hasta 5,6 °C.

Es así que la variación de la temperatura al interior de la vivienda se encuentra en-

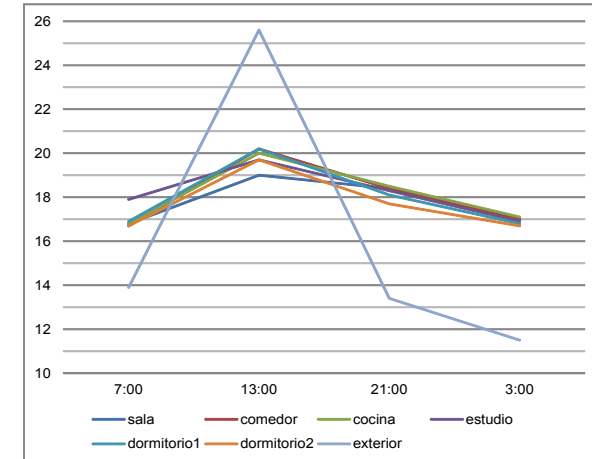
tre los 16.7 y 20,2° C tanto en el tercero como cuarto nivel. De acuerdo con este análisis se puede concluir que con las mínimas temperaturas que se presentan en todos los espacios a las 7:00, así como en el segundo y cuarto nivel a las 3:00, los ambientes se encuentran fuera del rango de confort, sin embargo los valores son muy próximos al límite inferior de dicho rango. De igual manera con los espacios restantes a las 3:00, si bien las temperaturas se ubican dentro de la zona de confort, los valores registrados corresponden a la mínima temperatura aceptada como confortable (17°C). Con las máximas temperaturas (13:00), si se cumple con una condición de confort, lo mismo se puede decir con respecto a las 21:00.

Es importante mencionar que no se puede apreciar una mayor diferencia entre las temperaturas registradas en los espacios ubicados hacia diferentes orientaciones.

### - Humedad Relativa

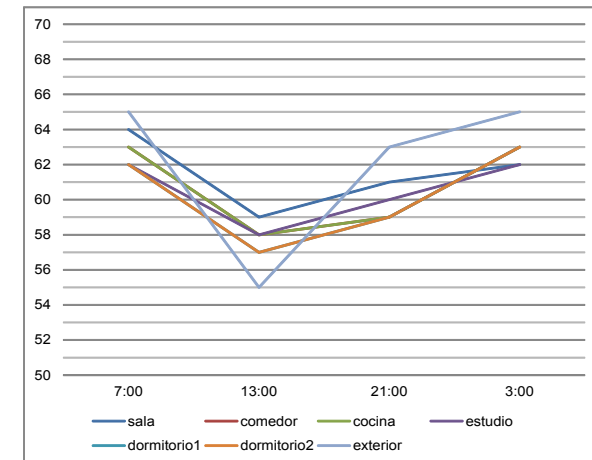
Como se puede constatar en el Gráfico N° 143, los mayores porcentajes de humedad relativa se presentan a las 7:00 y 3:00, teniendo valores similares en estos dos puntos, sin embargo para el caso de

Gráfico N° 142.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 143.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

183

los dormitorios (cuarto nivel), así como en la sala (tercer nivel) son mayores los porcentajes registrados a las 7 de la mañana. Para las 13:00, en todos los ambientes la humedad relativa desciende entre un 4 y 5 %, teniendo en este punto los mínimos valores registrados para cada espacio. Contrariamente para las 21:00, la humedad relativa asciende nuevamente en cada uno de los ambientes y continúa incrementándose hasta las 3:00. La humedad relativa exterior es mayor a la del interior de la vivienda a las 7:00, 21:00 y 3:00 en tanto que a las 13:00 esto se invierte.

De esta manera, el mayor valor registrado para esta variable climatológica es del 64% a las 7:00 (sala), no obstante el máximo porcentaje predominante es del 63% tanto a las 7 como a las 3 de la mañana, en tanto que el mínimo corresponde al 57% (13:00), teniendo así una variación del 6% entre estos dos extremos.

En relación a la humedad relativa del exterior de la vivienda, el máximo porcentaje corresponde al (65%) que se presenta en dos puntos que son las 7:00 y 3:00, mientras que el mínimo es del 55% a las 13:00, concluyendo así que la di-

ferencia entre estos dos valores es del 10%, es decir es un 4% mayor a la variación de la humedad relativa interior.

En relación a su orientación los valores de humedad encontrados en las cuatro fachadas no presentan diferencias considerables.

Con respecto al comportamiento de la temperatura ambiente y la humedad relativa al exterior e interior de la vivienda, como se puede apreciar en los Gráficos N° 142 y 143, tanto a las 7:00 como a las 3:00, que es cuando se registran las menores temperaturas, se corresponde con los máximos valores de humedad relativa e inversamente, a las 13:00 que es el punto en donde se presentan las máximas temperaturas se registran los mínimos porcentajes de humedad relativa. Interiormente con la combinación de las variables temperatura y humedad relativa, se tienen condiciones de confort a las 13:00, 21:00 en todos los espacios, mientras que a las 3:00 únicamente en los ambientes ubicados en el tercer nivel. Para las 7:00 y los espacios del segundo y cuarto nivel a las 3:00 no se cumple con las condiciones de confort. Con respecto al exterior solamente la temperatura y

humedad relativa registradas a la 13:00 se ubican dentro de la zona de confort.

### - Temperatura Radiante

El material predominante en la envolvente de la edificación es el ladrillo macizo enlucido en ambas caras y pintado de blanco, en donde se han obtenido las temperaturas en la superficie interna y externa de cada una de las fachadas.

Es así que se ha podido determinar que en la fachada Noreste (ver Gráfico N° 144), la temperatura correspondiente a la parte externa de la pared es menor a la del ambiente exterior tanto a las 7:00 y 13:00, teniendo respectivamente 1°C y 4,4°C de diferencia, mientras que a las 21:00 y 3:00 es mayor la temperatura registrada en la superficie externa de la pared, con aproximadamente 2 grados de diferencia. Realizando una comparación entre las temperaturas obtenidas en la cara interior y exterior de la pared, se puede establecer que a las 7:00 se cuenta con una temperatura baja en ambos casos siendo mayor con 2,5 grados al interior, para las 13:00 los valores ascienden tanto en la superficie interna como externa, pero en este punto es ma-





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

por la temperatura de la parte externa. Para las 21:00 la temperatura desciende nuevamente en la cara externa, en tanto que en la interior se incrementa y contrario a lo sucedido a las 13:00, ésta vez se presenta un mayor valor hacia la parte interna, teniendo una variación de 2,7 grados con respecto al plano exterior. Para las 3:00 en ambas caras de la pared la temperatura desciende y se mantiene superior con 3,6°C al interior.

Con respecto a la misma fachada, analizando el vidrio que es el material de las ventanas, se tiene que a excepción de las 13:00, las temperaturas correspondientes a la superficie interna son mayores que las registradas en la cara externa de este material. La diferencia de temperatura entre los dos planos es mayor a las 7:00, 21:00 y 3:00 (7,4°C, 6,7°C y 5°C, respectivamente), ya que a las 13:00 únicamente existe una variación de 0,7 grados. Comparando los datos de temperatura ambiental al exterior y la temperatura externa del vidrio se puede apreciar que estos son similares solamente a las 13:00, ya que en las demás horas las diferencias son considerables especialmente a las 21:00 y 3:00, en donde las temperaturas de la superficie externa del

vidrio son menores que la del ambiente. En esta fachada se tiene como un tercer material predominante a la piedra, que consiste únicamente en un recubrimiento del zócalo en la parte exterior de la pared. De esta manera se ha podido determinar que en todas las horas analizadas la piedra presenta mayores temperaturas que el ladrillo macizo enlucido (exterior), siendo superior con aproximadamente 3 °C a las 7:00 y 2 °C a las 21:00 y 3:00, en tanto que a las 13:00 se presenta una mayor diferencia (9,4°C).

Al analizar la temperatura de las paredes orientadas al Suroeste (ver Gráfico N° 144) se puede notar que la temperatura de la cara externa se aproxima más a la temperatura ambiente del exterior a excepción de las 13:00, en donde existen considerables diferencias. Además los valores registrados en todos los puntos son menores en relación a sus correspondientes en la fachada Noreste, tanto en la superficie interna como externa. No obstante el comportamiento de este elemento climático en el transcurso del día es similar al descrito en el caso anterior con la única diferencia que en esta fachada en todas las horas la temperatura de la cara interna es mayor que la de la externa.

Igualmente analizando el vidrio de esta fachada se puede constatar que los valores son menores que los registrados en la fachada opuesta, a excepción de la cara externa a las 21:00. En comparación con la temperatura del ambiente exterior, se puede ver que ésta se mantiene mayor a la de la superficie externa del vidrio en todos los casos y sus valores se aproximan únicamente a las 7:00 y 21:00, ya que a las 13:00 y especialmente a las 3:00 se presenta una variación considerable.

Para el caso de las fachadas Sureste y Noroeste (ver Gráfico N° 144), analizando las paredes se puede establecer que la temperatura de la cara exterior es mayor a la temperatura ambiente a las 7:00 y 13:00, mientras que a las 21:00 y 3:00 sucede lo contrario. En comparación con las dos fachadas analizadas anteriormente, se puede notar que las temperaturas en la cara interna son similares, mientras que al exterior se notan mayores diferencias. En el caso de las paredes con orientación Sureste, la temperatura del plano interior de la pared es mayor a su correspondiente en el plano exterior en todas las horas, mientras que en las orientadas al Noroeste, únicamente a las 13:00 el valor registrado es menor en la superficie



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

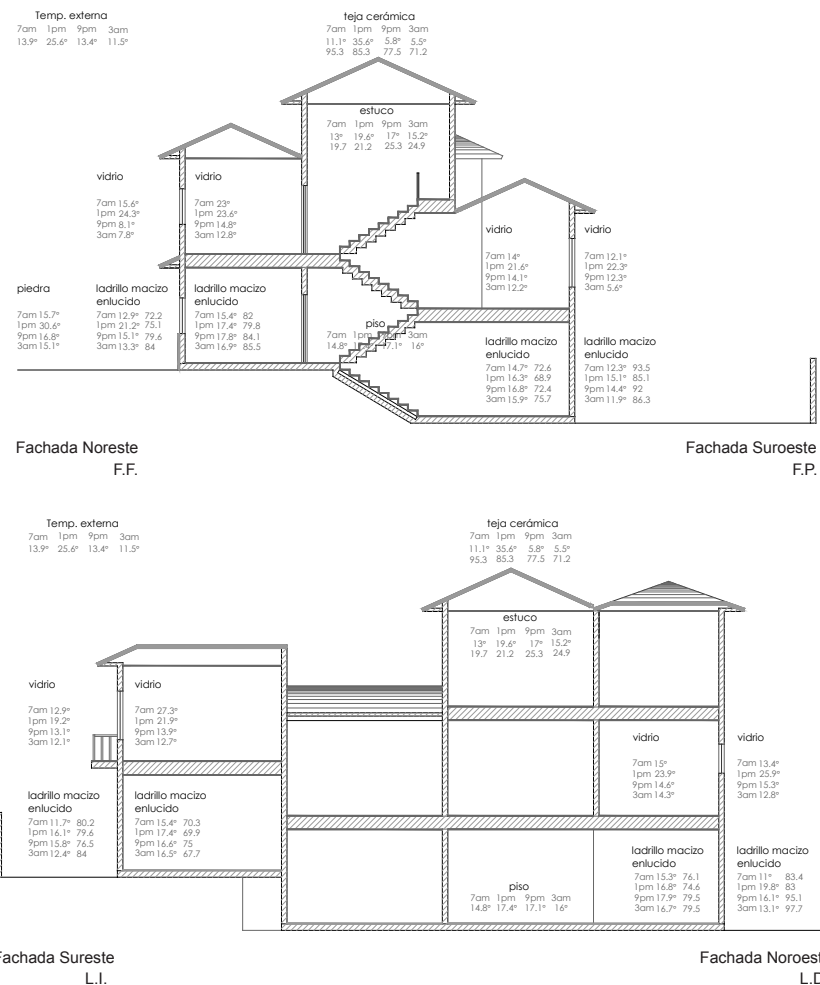
185

interna que en la externa. Así mismo, otra diferencia que se ha determinado es que en la fachada Sureste, la temperatura de las 21:00 desciende con respecto al valor registrado a las 13:00, en tanto que en la fachada Noroeste, ésta se incrementa. Con respecto al vidrio, es importante destacar que en relación a las otras dos fachadas, las temperaturas de la superficie exterior a las 21:00 y 3:00 son considerablemente mayores.

En relación a la cubierta y al piso se puede apreciar que las temperaturas más altas se presentan mayormente en el piso (madera) a excepción de las 13:00, en donde existe un valor más alto en el cielo raso (estuco), teniendo en este punto 2,2°C de diferencia. En ambos elementos, las temperaturas más bajas se presentan a las 7:00 y las más altas a las 13:00. La diferencia entre el máximo y mínimo valor es de 2,6°C en el piso y de 6,6°C en el cielo raso.

En cuanto al recubrimiento exterior de la cubierta, que es teja de cerámica, ésta tiene temperaturas menores que la del ambiente exterior a las 7:00, 21:00 y 3:00, teniendo respectivamente 2.8°C, 7.6°C y 6 °C de diferencia, mientras que a las

Gráfico N° 144.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

13:00 es mayor con 10°C la temperatura registrada en el ambiente exterior. Si bien estas diferencias son considerables, en relación a la temperatura de la teja y la temperatura del cielo raso las variaciones son mayores, exceptuando el caso de las 7:00 en donde se tiene una diferencia de 1,9°C, siendo mayor la temperatura obtenida al interior (cielo raso de estuco), mientras que a las 13:00 es superior con 16°C la temperatura de la teja. Para las 21:00 en ambos elementos los valores descienden y en este caso se tiene una temperatura mayor con 11,2°C al interior, a las 3:00 continúa descendiendo y se mantiene mayor al interior, teniendo en este punto 9,7°C de diferencia.

De manera general se puede ver que las menores temperaturas que presenta la envolvente al interior provienen en la mayoría de los casos de las ventanas (vidrio), pues corresponden a temperaturas que no se ubican dentro de la zona de confort, sin embargo se tiene algunas excepciones como son las temperaturas bastante elevadas que se registran en este material a las 13:00 y en las fachadas Noreste y Sureste a las 7:00. Igualmente se pueden considerar que también se presentan temperaturas considerablemente bajas

en el piso y cielo raso a las 7:00 y 3:00 y en las paredes a las 7:00, todas éstas no se sitúan dentro del rango de confort. Mientras que las mayores temperaturas a excepción de las 7:00 se encuentran en las paredes especialmente a las 13:00, no obstante en la mayoría de los casos las temperaturas no sobrepasan la mínima establecida como confortable.

Así mismo se ha efectuado una comparación entre la temperatura promedio registrada en el ambiente interior de la vivienda y la obtenida en las paredes de la envolvente, pudiendo establecer que en cada hora la diferencia entre estos dos valores es inferior a 3°C, lo cual significa que se encuentra dentro de lo adecuado, pues no se presentan mayores intercambios energéticos que puedan alterar la sensación térmica de los usuarios. Se puede apreciar un comportamiento similar en relación a la temperatura del ambiente y la del cielo raso, ya que la mayor parte del día ésta última es levemente inferior y únicamente a las 7:00 existe una diferencia superior a 2°C.

### - Humedad de la Envolvente

Al realizar un análisis de la humedad pre-

sente en el material predominante de la vivienda, que es el ladrillo macizo enlucido, se puede determinar que internamente los datos obtenidos varían entre 60 y 80 aproximadamente, estableciendo de esta manera que el material se encuentra semi seco, sin embargo en la fachada Noreste los valores ascienden hasta 85,5, lo cual nos indica que en esta superficie la condición del ladrillo es húmeda. Exteriormente, en la mayoría de casos las cifras registradas oscilan entre 80 y 100, es decir el material se encuentra húmedo, no obstante en las fachadas Noreste y Sureste a excepción de las 3:00, los valores se ubican en el rango de 70 y 80, por lo tanto el estado del ladrillo en estos planos es semi seco (ver Gráfico N° 144).

Así mismo se ha determinado que en la fachada Noreste (ver Gráfico N° 144), es mayor la humedad en la cara interna de la pared. El mínimo valor en la superficie interna se presenta a las 13:00 (79,8) y en la externa a las 7:00 (72,2), en tanto que la máxima humedad tanto en la cara interna como externa se registra a las 3:00, siendo respectivamente 85,5 y 84.

En cuanto a la fachada Suroeste (ver Gráfico N° 144), se puede apreciar que suce-

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

de lo contrario que en la fachada Noreste, ya que son superiores los valores en la cara externa de la pared, además con respecto a las paredes anteriormente analizadas, se puede ver que la humedad se incrementa en la superficie externa y disminuye en la interna. De esta manera la menor humedad en el plano interno y externo se registra a las 13:00 (68,9 y 85,1, respectivamente), mientras que la mayor se presenta en la cara interna a las 3:00 (75,7) y en la externa a las 7:00 (93,5).

En la fachada Sureste (ver Gráfico N° 144), nuevamente son mayores los valores en la cara externa que los registrados en la interna, teniendo que la mínima humedad en la superficie interior se presenta a las 3:00 (67,7) y en la externa a 21:00 (76,5), mientras que el máximo valor en el plano interno se da a las 21:00 (75) y en el externo a las 3:00 (84).

Finalmente en la fachada Noroeste (ver Gráfico N° 144), se puede notar que con respecto a las paredes orientadas al Sureste, la humedad se incrementa tanto en la superficie interna como externa, siendo superior en ésta última. En este caso los menores valores en ambas caras se presentan a las 13:00, teniendo internamen-

te una humedad de 74,6 y externamente de 83, en tanto que los mayores valores se registran en el interior a las 21:00 y 3:00, siendo iguales en los dos puntos (79,5) y en el exterior a las 3:00 (97,7).

Por otra parte, en el recubrimiento exterior de la cubierta (teja de cerámica) las cifras obtenidas a las 7:00 y 13:00 oscilan entre 85 y 95 aproximadamente, por lo que la condición del material es húmeda, en tanto que a las 21:00 y 3:00 los valores descienden y varían alrededor de 70 y 80, lo cual nos indica que la teja en estos casos se encuentra semi seca. Hacia la parte interior, es decir en el cielo raso (estuco de yeso), los valores son notablemente inferiores a los registrados en la teja de cerámica, pues fluctúan entre 19 y 25, con lo cual el estado del material es muy seco.

### B) Comportamiento Acústico:

Con el objetivo de determinar el nivel de ruido que ingresa a la vivienda, se han registrado cinco mediciones en el exterior de la misma, de las cuales tres se han realizado en el día y dos en la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe ser superior a los

55 dB durante el día y a los 45 dB en la noche, de tal manera que como se puede constatar en el Gráfico N°145, únicamente a las 3:00 se cumple con lo establecido en la norma y es durante el día donde los niveles de ruido sobrepasan más significativamente el límite máximo permitido.

En cuanto al interior de la vivienda, en los ambientes de sala y comedor el sonido registrado se encuentra fuera del rango definido como adecuado, solamente a las 3:00 se alcanzan los valores máximos permitidos, mientras que en el resto de horas sobrepasan éste límite. (Ver Gráfico N°146).

De igual manera, en la cocina como se puede observar en el Gráfico N°147, se cuenta con un nivel de ruido adecuado únicamente a las 3:00, en tanto que en las demás horas no se cumple con la norma y especialmente a las 13:00 y 18:00 se presentan valores relativamente elevados. En cuanto al estudio, se sobrepasa la norma solamente a las 18:00 (ver Gráfico N°147).

Finalmente en los dormitorios se tiene que en todos los casos tanto en el día como en la noche los datos regis-



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

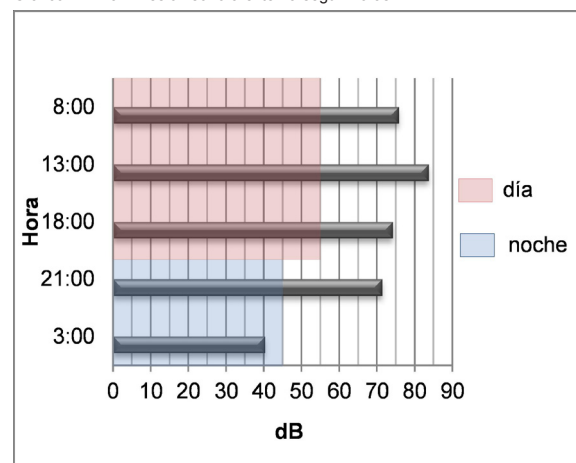
trados se encuentran fuera del rango permitido, siendo las 13:00 y 21:00 las horas en las que se presentan los valores más altos. (Ver Gráfico N°148).

De esta manera se puede concluir que el ruido exterior afecta de manera muy considerable el confort acústico al interior de la vivienda, pues casi en la totalidad de los casos se incumple con lo establecido en la normativa e incluso a las 3:00 no se cuenta con niveles adecuados de sonido a excepción del estudio y la cocina. Además es importante mencionar que los datos registrados la mayoría de veces sobrepasan muy significativamente el límite máximo permitido, lo cual se debe a que es una zona con alto tráfico vehicular.

### C) Comportamiento Lumínico:

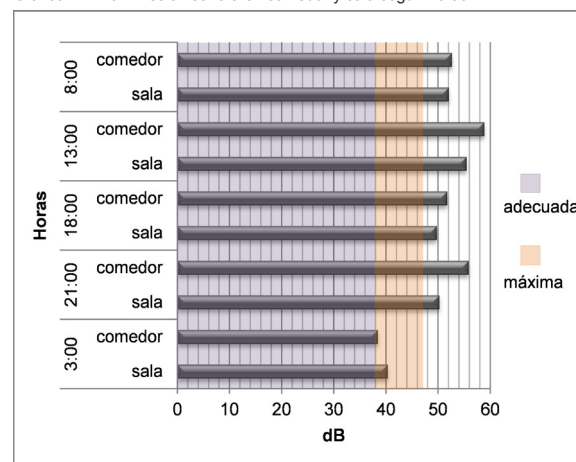
Durante las mañanas, al ser una vivienda aislada, tanto la fachada Frontal (Noreste) como la Lateral Izquierda (Sureste) reciben iluminación, encontrándose hacia dichas orientaciones el estudio y dormitorio 1, en donde los niveles de iluminación registrados en los dos momentos del día sobrepasan el valor máximo recomendado en la norma, especialmente en la mañana (ver Gráfico N°149).

Gráfico N° 145.- Presión sonora externa según horas



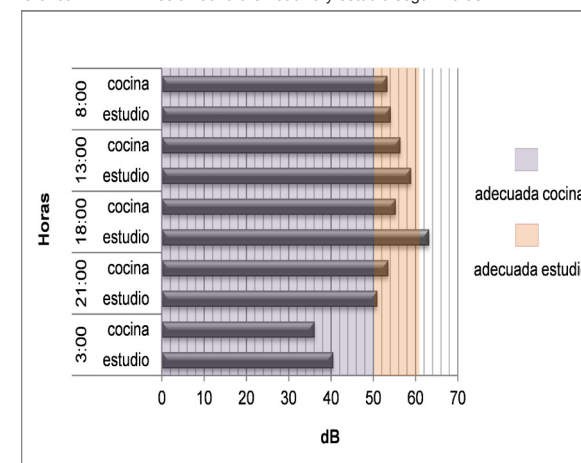
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 146.- Presión sonora en comedor y sala según horas



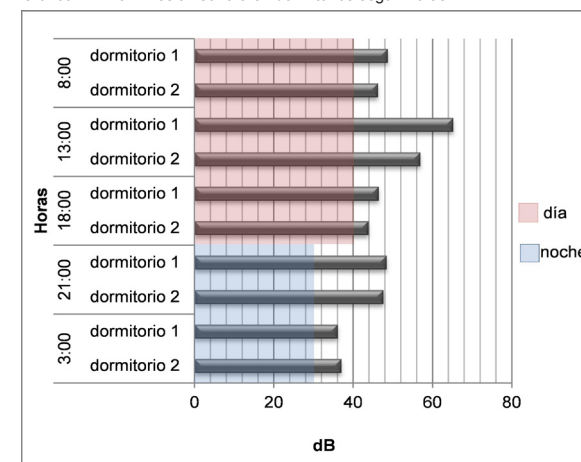
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 147.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 148.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

189

En la cocina, la cual está dirigida hacia la fachada Lateral Derecha (Noroeste), la iluminación ingresa directamente durante las tardes, alcanzando un nivel que supera significativamente la máxima establecida en la normativa, en tanto que en las mañanas se encuentra muy próximo a dicho límite.

Los espacios que se localizan hacia la fachada Posterior, que son sala, comedor y dormitorio2, al estar ésta orientada hacia el suroeste, no reciben iluminación directa en la época en la que se llevaron a cabo las mediciones, sin embargo todos los ambientes presentan niveles de iluminación superiores al óptimo recomendado (ver Gráfico N°149).

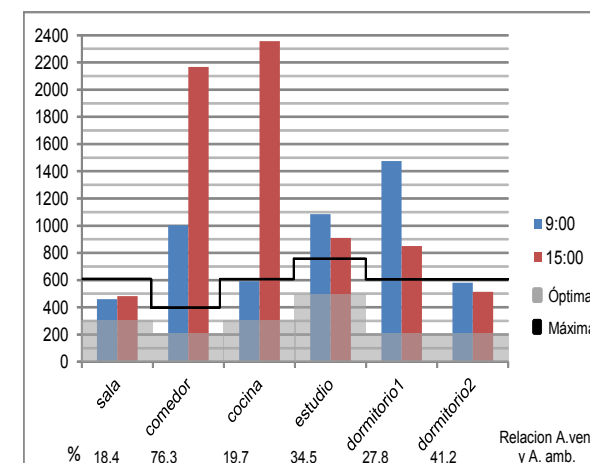
En el caso del comedor, es importante mencionar que la relación entre la superficie de ventanas y la del ambiente es igual al 76,3% y que a más de iluminarse a través de la fachada Suroeste, también existen ventanas hacia el Noroeste, lo cual explica que los valores obtenidos sobrepasan la norma máxima, tanto en la mañana como en la tarde, siendo más significativa en este último momento del día.

Con respecto a la cocina y dormitorio 2,

como se puede observar en el Gráfico N°149) la iluminación se encuentra entre la óptima y la máxima según la normativa. En este último espacio mencionado es importante aclarar que se cuenta con una mayor iluminación en las mañanas, debido a que además de iluminarse por la fachada Suroeste, posee una ventana con orientación al Noreste, que proporciona iluminación durante las mañanas.

Como conclusión se puede establecer que ningún espacio posee un nivel de iluminación por debajo de lo recomendado en la norma, sin embargo en ciertos ambientes, ya sea en la mañana o la tarde, existen valores notablemente superiores al máximo, lo cual puede provocar deslumbramientos. Igualmente todos los ambientes cumplen con el porcentaje de área de ventanas establecido en la normativa.

Gráfico N° 149.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.8.- Vivienda N° 8

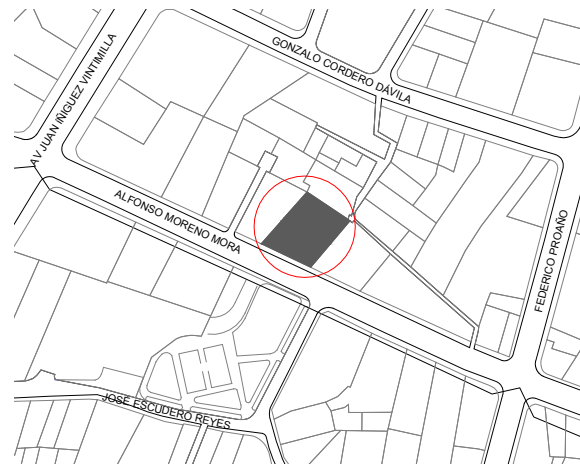
Las mediciones de la vivienda N°8 fueron registradas el 17 de junio de 2011, se encuentra dentro del grupo de viviendas aisladas con una orientación hacia el Sur y un ángulo de inclinación de 191 grados con respecto al Norte. Se ubica en la calle Alfonso Moreno Mora como se puede ver en el Gráfico N°150, en donde el flujo de vehículos es medio - alto. La vivienda se sitúa dentro de una zona de carácter residencial y cuenta con un área de construcción de 204 m<sup>2</sup>, siendo esta de dos plantas.

Entre los espacios considerados para la toma de datos se encuentra en planta baja la *sala* (15 m<sup>2</sup>) y *estudio* (13.9 m<sup>2</sup>) hacia la fachada sur, orientados además hacia el Oeste y Este respectivamente, la *cocina* (11.8 m<sup>2</sup>) y *comedor* (10.8 m<sup>2</sup>) en la fachada norte orientados hacia el Este y Oeste. En planta alta los ambientes medidos son el dormitorio 1 (9.50 m<sup>2</sup>) ubicado hacia el Este y Sur y el dormitorio 2 (13.3 m<sup>2</sup>) dirigidos hacia el Sur y Oeste (ver Gráfico N°151).

El material que predomina en las paredes de la envolvente de la vivienda es el

ladrillo hueco enlucido y pintado, el mismo que consigue un ancho de 21 cm en todas las paredes que conforman la envolvente. Con respecto al piso, este es de cerámica en toda la planta baja, mientras que en planta alta es alfombrado. El techo es de teja y hacia el interior el cielo raso es de estuco. Con respecto al exterior de la vivienda, cuenta con jardines en todos los alrededores de la vivienda, principalmente en la fachada Norte y Sur.

Gráfico N° 150.- Ubicación vivienda N° 8



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 26.- Fachada Sur



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 27.- Fachada Norte



Fuente: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

191

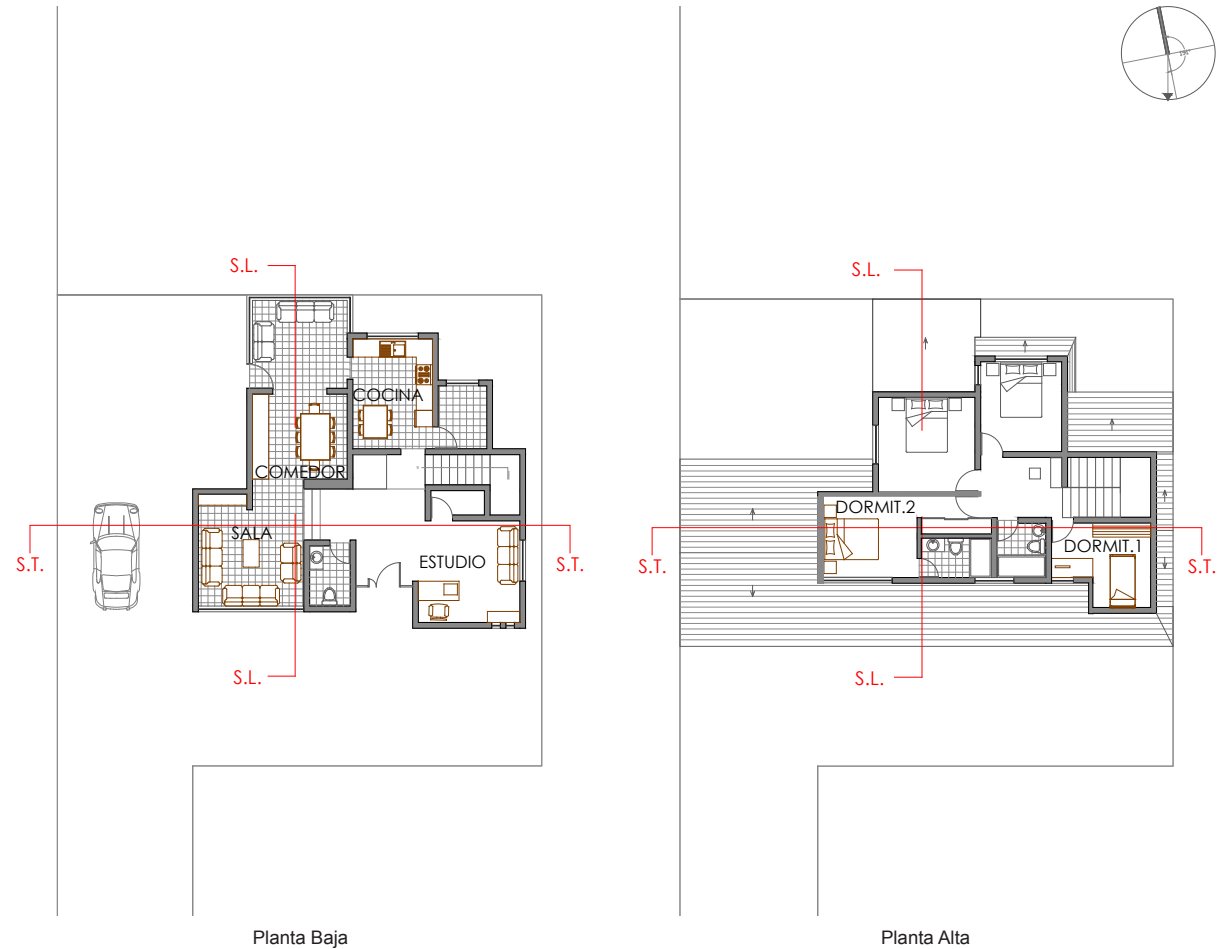
### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

En esta vivienda se puede observar que las menores temperaturas se registran a las 3:00 en planta alta y 7:00 en planta baja, sin embargo los datos en estas dos horas no presentan variaciones significativas, temperaturas mayores se registran a las 21:00 y sobre todo a las 13:00. Las diferencias encontradas entre las 7:00 y las 13:00 va desde los 3 a 4 grados en planta baja y 2 grados en planta alta, para las 21:00 los grados han descendido en 1.7 en planta baja a excepción del estudio el cual su temperatura vario hasta en 2.8°C, en planta alta la variación es casi nula pues esta es de 0.3°C. Hasta las 3:00 sigue descendiendo la temperatura en alrededor de 1°C en planta baja y en 2°C en planta alta.

En la Gráfica N° 152 se puede observar que las curvas de temperatura de los diferentes ambientes es la misma, baja a las 7:00 pero con una temperatura superior a la del exterior con 3.1 a 4.4 grados, mientras que a las 13:00 que es la máxima temperatura registrada tanto al interior como al exterior, existe en este

Gráfico N° 151.- Plantas arquitectónicas



Elaboracion: Grupo de Tesis

S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

caso al exterior una mayor temperatura con una variación que va desde los 3.8°C (estudio) hasta los 5.3°C (cocina). Para las 21:00 nuevamente los datos se invierte obteniéndose mejores resultados al interior que al exterior y la diferencia de temperaturas que presentan estas entre los 4.8 y 6.3 grados. En cuanto a las variaciones registradas a las 3:00 se encontraron entre los 7.2 y 8.2 grados. Al considerarse el exterior la diferencia de temperaturas entre el máxima y mínima siendo estas a las 13:00 (24.8°C) y 3:00 (9.9°C) es de 14.9°C.

En general la variación de temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 16.5°C y los 21°C. Con lo que se puede determinar que la vivienda se encuentra dentro del rango de confort pues únicamente dos ambientes a las 7:00 se encuentran por debajo de los 17°C, límite mínimo para considerarse una temperatura adecuada.

### - Humedad Relativa

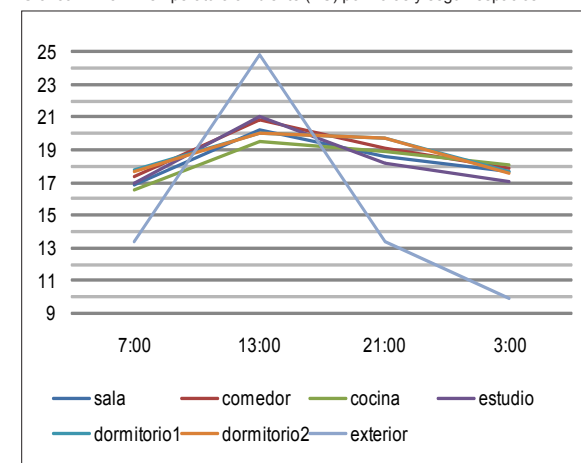
Los porcentajes de humedad registrados en el interior de la vivienda no presentan grandes variaciones entre las diferentes horas medidas, sin embargo la Gráfica

N° 153 muestra que los datos más altos obtenidos se registran a las 7:00 y va bajando hasta que los porcentajes que presenta a las 13:00 se mantiene casi constantes a las 21:00 y 3:00. Estos porcentajes se encuentran entre los rangos de 58% y 62% a excepción del dormitorio1 (53.5%), con lo que se puede decir que los porcentajes de humedad se encuentran dentro de los rangos aceptables.

Además se puede ver la variación de humedad relativa externa, encontrándose un porcentaje de humedad máximo a las 7:00 (66%), siendo esta superior que la registrada al interior y una mínima registrada a las 13:00 (53%), la misma que presenta una humedad menor que al interior, para las 21:00 este porcentaje se ha incrementado nuevamente y hacia las 3:00 presenta un valor similar a la registrada a las 7:00.

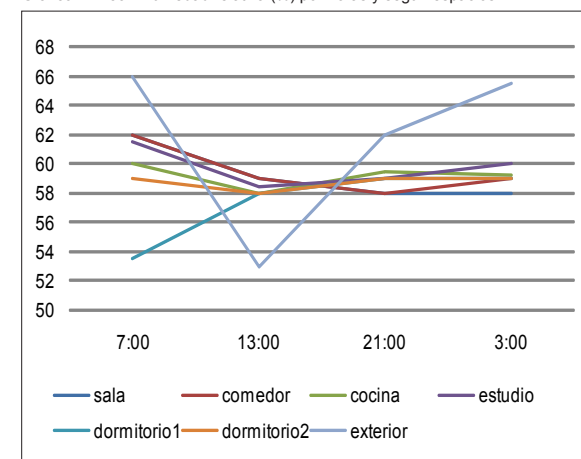
Considerando la temperatura ambiente y la humedad relativa al interior de la vivienda, como se puede apreciar en los Gráficos N° 152 y 153, cuando se registran las temperaturas más bajas, la humedad es mayor y cuando la temperatura aumenta los porcentajes de humedad bajan.

Gráfico N° 152.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

Gráfico N° 153.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

### - Temperatura Radiante

El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo hueco pintado en ambas caras, en esta se ha determinado los valores de temperatura y humedad interna y externa en todas las fachadas.

Con respecto a la temperatura de los materiales se ha determinado que las fachadas orientadas al Norte y Oeste mantienen datos más elevadas que las otras dos. En la fachada Norte se encuentra además una zona con ladrillo hueco enlucido y pintado, lo cual ha permitido realizar una comparación entre el comportamiento de este y del ladrillo sin enlucir y únicamente pintado. Como se puede ver en el Gráfico N°154 hacia el exterior, la pared enlucida presenta 2 °C más que la parte sin enlucir en las diferentes horas registradas, a excepción de las 13:00 en que su temperatura es superior con 4°C aproximadamente.

Sin embargo al interior, mejor comportamiento térmico ha presentado el ladrillo hueco sin enlucir pues a las 7:00 y 3:00 presenta 3°C más que el ladrillo hueco enlucido, a las 21:00 registra una temperatura mayor pero en menos

de 1°C y únicamente a las 13:00 registra mayor temperatura la pared enlucida.

Siguiendo con el análisis del resto de paredes de las diferentes fachadas que contienen ladrillo hueco sin enlucir, como se ver en el Gráfico N°154, las temperaturas de las paredes al exterior son menores que los datos registrados al interior en todas las horas a excepción de las 13:00 en donde en la fachada Norte y Oeste, la temperatura en la cara externa es mayor que en la interna y en la fachada Este la temperatura es la misma en ambas caras. Por otro lado a las 3:00 se registra la menor temperatura al exterior, sin embargo al interior esta se encuentra mayor en 5 a 9 grados, a las 7:00 que es otra de las horas en que se registra bajas temperaturas al exterior, en el interior se registra de 2.5 a 5 grados más que al exterior. A las 21:00 también se puede apreciar grandes diferencias entre la cara interna y externa de la pared, únicamente a las 13:00 los valores no varían mucho. Todos estos resultados evidencian que durante el día hay variaciones que van desde los 15°C hasta los 20°C en la cara interna de la pared.

Con respecto a las ventanas de vidrio, se

puede ver que en todas las horas registradas la temperatura en la cara interna de este material se encuentra con mayor número de grados en relación a la cara externa en las cuatro fachadas. Únicamente en dos de ellas (fachadas Norte y Oeste) a las 13:00 presentan al interior una menor temperatura que al exterior. Por otra parte en el interior de la vivienda la mayor temperatura que presenta el vidrio es a las 13:00, y la menor se registra a las 3:00.

En cuanto a la madera presente en la fachada principal (fachada sur) se puede ver que el comportamiento de la madera a las 21:00 y 3:00 es adecuado, pues en estas horas a pesar de que en la cara externa se encuentra con bajas temperaturas, en la cara interna su temperatura es mayor hasta con 5°C, sin embargo pasada las 3:00 esta empieza a descender notablemente encontrándose a la 7:00 con una temperatura de la cara externa muy parecida con la temperatura obtenida en la cara interna.

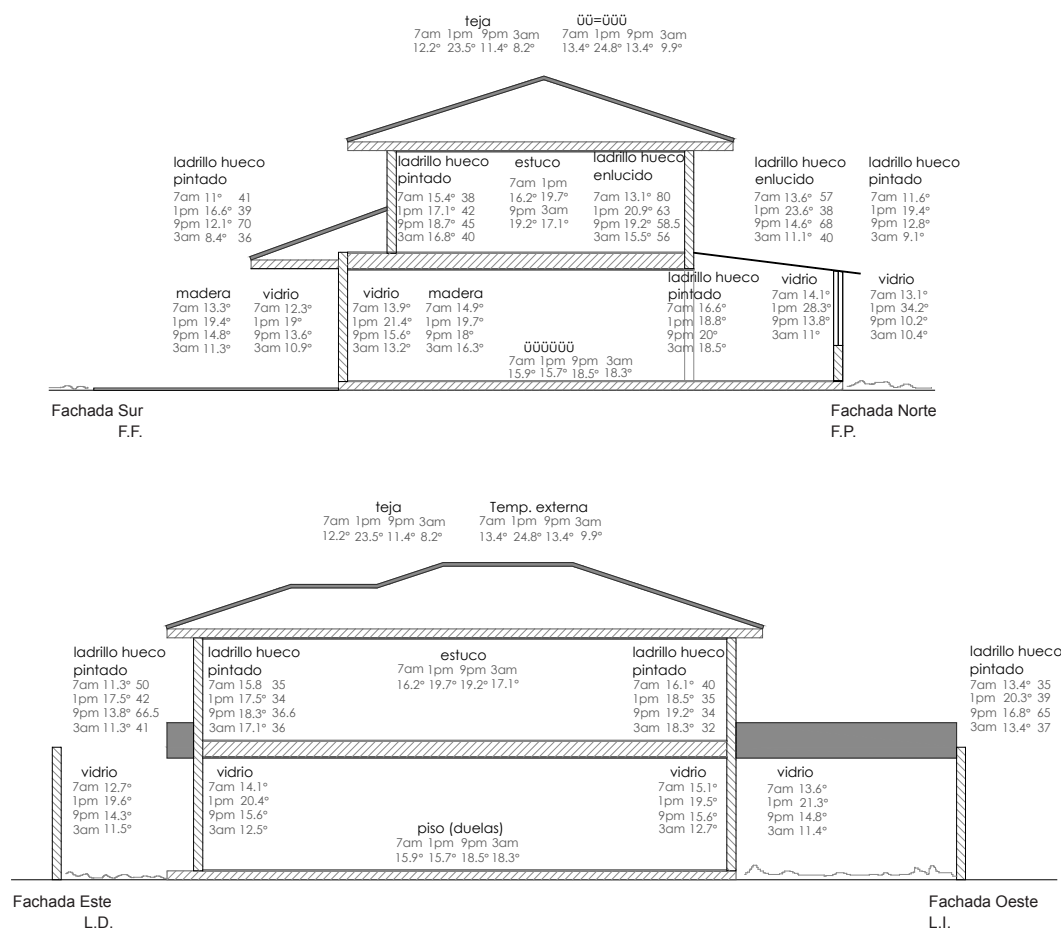
En los diferentes materiales que componen la envolvente de la vivienda se puede apreciar que a las 7:00, 21:00 y 3:00 son las horas en que presentan

bajas temperaturas en la cara externa, mientras que a las 13:00 los materiales presentan altas temperaturas causando de esta manera que en algunos casos que el interior gane mayor número de grados que en la cara externa.

Con respecto a la cubierta y al piso se puede notar que las temperaturas más altas se encuentran en el cielo raso (estuco) que en el piso (cerámica), obteniéndose temperaturas más altas a las 13:00 y más bajas a las 7:00. Mientras que en el piso la temperatura mas alta se registra a las 21:00 y 3:00 y la más baja a las 7:00 y 13:00. Las variaciones que cada una de estas registran es de 3.5°C en cielo raso y de 2.8°C en el piso.

Con respecto a la teja de la cubierta, presenta datos de temperatura menores a las de la temperatura ambiente externa en todas las horas, con diferencia de 1.2 hasta 2 grados. Considerando la temperatura de la teja y la del cielo raso hay grandes diferencias pues a las 7:00 su interior presenta 4°C más que al exterior, a las 13:00 3.8 grados más al exterior en relación al interior, a las 21:00 su interior es mayor con 7.8°C y finalmente a las 3:00 se registra una diferencia de 8.9

Gráfico N° 154.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

grados siendo esta la mayor variación de temperatura entre el interior y exterior.

Además al comparar el promedio de la temperatura ambiente del interior de la vivienda con la temperatura interna de las superficies se ha encontrado que la diferencia entre estas es menor a 3°C en las paredes de ladrillo de las fachadas Este y Oeste, mientras que en las fachadas Norte y Sur se ha encontrado que a las 7:00 y 13:00 respectivamente sobrepasan los 3°C. En cuanto a la madera, la diferencia de temperatura se ha mantenido por debajo de los 3°C. Finalmente el estuco de la cubierta, su temperatura se encuentra por debajo de los 2°C en todas las horas de registro.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi seco, húmedo, muy húmedo o empapado. De esta manera con respecto al material predominante, que es el ladrillo

huevo pintado en la fachada Sur, Este y Oeste y el ladrillo hueco enlucido en la fachada Norte, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran en un rango de 32 a 70 aproximadamente en el primer caso y entre 38 y 80 en el segundo caso (ver Gráfico N° 154) y con una densidad de ladrillo de 770 kg/m<sup>3</sup> se puede concluir que el material se encuentra entre normal y semi seco para las paredes sin enlucir y para la superficie enlucida se encuentra entre normal, semi seco y húmedo.

Igualmente se ha podido determinar que a excepción de la fachada Este a las 13:00, son mayores los valores obtenidos en la cara interna que en la externa, en las demás horas no se ha determinado otra constante pues estas varían en cada superficie, en cuanto a la fachada Norte que presenta sus superficies enlucidas se tiene que a excepción de las 21:00 los datos registrados son mayores en la cara interna.

Por otra parte en cuanto al ladrillo hueco enlucido se puede determinar que la humedad del material en la cara externa se encuentra seca a las 13:00 y 3:00,

en las otras dos horas estas se encuentran semi secas al igual que al interior a las 13:00, 21:00 y 3:00. A las 7:00 es el único momento en que el material se encuentra húmedo (ver Gráfico N°154).

En relación al ladrillo sin enlucir, se ha determinado que en las superficies internas estas se encuentran dentro de lo normal – seco en todas las horas, mientras que al exterior únicamente a las 21:00 estas pasan de lo normal – seco a semi – seco, siendo además los máximos valores registrados, en cuanto al mínimo en cada fachada la hora difiere. Considerando el máximo valor en la cara interna de las paredes coinciden ser a las 21:00 los valores mas altos a excepción de la fachada Oeste que alcanza un máximo valor a las 7:00, en cuanto al mínimo también difiere en cada fachada (ver Gráfico N°154).

Con respecto a la fachada Sur, realizando una comparación con su opuesta (fachada Norte), los datos registrados son inferiores tanto en la cara interna como en la externa. Mientras que en la fachada Este y Oeste la primera presenta valores mayores de humedad (ver Gráfico N°154). Por otra parte, para el caso de la cubierta no se ha podido registrar datos.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### B) Comportamiento Acústico:

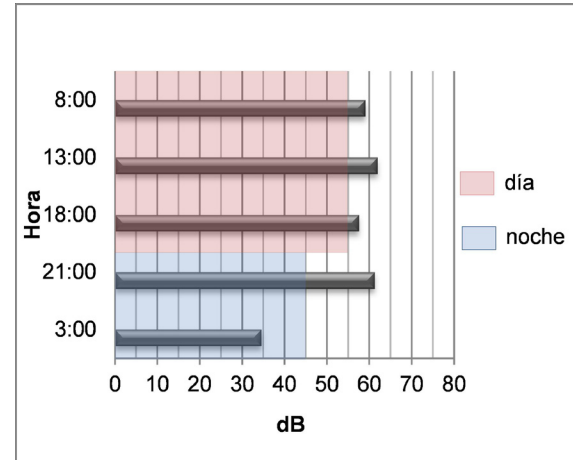
Para determinar el ruido que ingresa al interior de la vivienda se han realizado cinco mediciones al exterior, tres durante el día y 2 durante la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, en las mediciones realizadas los resultados obtenidos muestran que estos no cumplen con la norma pues sobrepasan los límites sugeridos a excepción del dato registrado a las 3:00 (ver Gráfico N°155).

En los datos tomados al interior de la vivienda de los diferentes ambientes se tiene que en el comedor y sala se encuentran dentro del rango adecuado en la mayoría de los casos y en el rango máximo permitido el comedor a las 8:00 y sala a las 13:00 (ver Gráfico N°156).

Considerando los valores obtenidos en la cocina y estudio, en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido adecuado (ver Gráfico N°157).

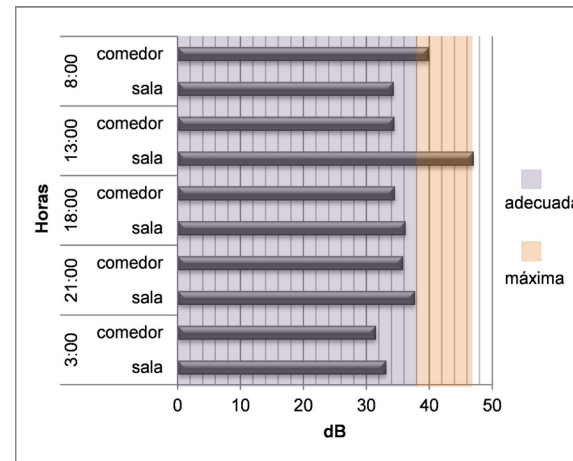
Finalmente en los dormitorios, durante el día estos presentan niveles de sonidos adecuados a excepción del dormi-

Gráfico N° 155.- Presión sonora externa según horas



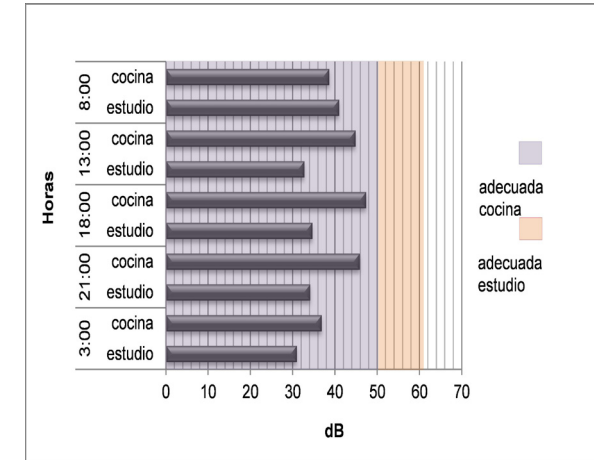
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 156.- Presión sonora en comedor y sala según horas



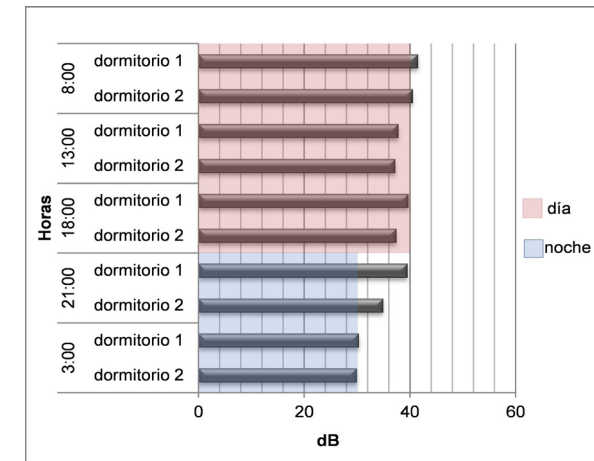
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 157.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 158.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

197

torio 1 a las 8:00, en cuanto a la noche a las 21:00 estos presentan niveles de sonido que no cumplen con la norma, llegando hasta 39,5 dB el valor más alto. El dato registrado a las 3:00 presenta valores que sugeridos para un adecuado descanso (ver Gráfico N°158). En conclusión el ruido externo que ingresa en la vivienda durante la mañana y tarde no afecta a las actividades que se realizan en el interior de la vivienda a pesar de que hacia el exterior este no cumple con la norma, por el contrario en la noche el dato de las 21:00 si interfiere en la actividad de descanso pues los valores del exterior siguen siendo altos.

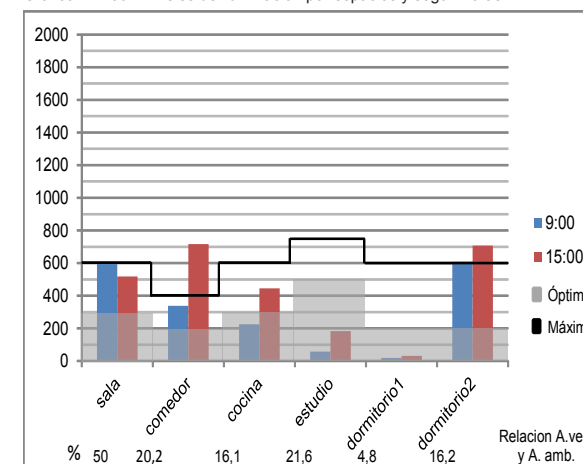
### C) Comportamiento Lumínico:

La iluminación natural directa ingresa a la vivienda por las fachadas laterales, durante la mañana los ambientes que reciben iluminación del Este son el estudio y dormitorio 1. Considerando el primer ambiente mencionado en ningún momento del día este cumple con la norma encontrándose un faltante de 442,5 lux en la mañana y 318 lux en la tarde. En cuanto al segundo ambiente este no cumple con la norma en ningún momento (ver Gráfico N°159).

Los ambientes que reciben la iluminación del Oeste en la tarde son sala, comedor y dormitorio 2. En el primer ambiente los valores registrados se encuentran dentro de lo recomendado, en el segundo ambiente por la tarde sobrepasa el valor máximo sugerido, mientras que en la mañana se encuentra dentro de lo adecuado, finalmente en el tercer ambiente mencionado al igual que en el caso anterior en la tarde el valor sobrepasa el máximo valor (ver Gráfico N°159). Con respecto a la cocina su ventana se ubica hacia el Norte consiguiéndose una adecuada iluminación en la tarde a diferencia de la mañana en que se ubica por debajo del valor considerado como óptimo.

En conclusión en estudio y dormitorio 1 presenta niveles de iluminación muy bajos debido a que el área de ventanas son mínimos para lo que requiere estos espacios. Mientras que en la tarde el comedor y dormitorio 2 sobrepasa los valores máximos recomendados pudiendo provocar deslumbramientos. Considerando la relación existente entre el área de ventanas y el área del ambiente se tiene que el dormitorio 1 no cumple con el 15% mínimo que establece la Ordenanza de Cuenca.

Gráfico N° 159.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

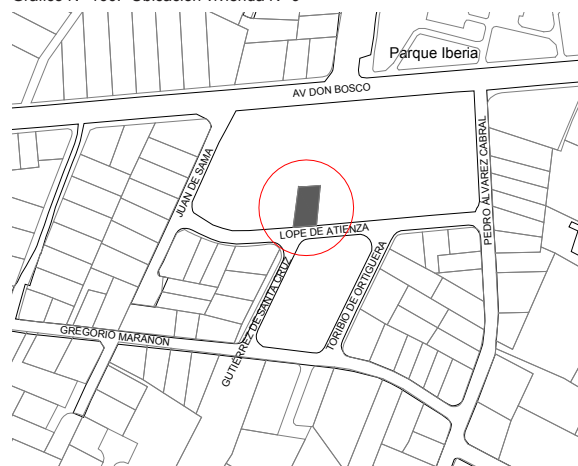
### 2.2.2.9.- Vivienda N° 9

Las mediciones de la vivienda N°9 fueron registradas el 18 de junio de 2011, se encuentra dentro del grupo de viviendas adosadas con una orientación hacia el Sur y un ángulo de inclinación de 160 grados con respecto al Norte. Se ubica en la calle Lope de Atienza y Juan Sama (Sector Parque Iberia) como se puede ver en el Gráfico N° 160, la vivienda se encuentra cerca de una vía de alto flujo vehicular como es la Av. Don Bosco, sin embargo la calle próximo al ingreso de la vivienda es de bajo flujo vehicular.

La vivienda se sitúa dentro de una zona de carácter residencial y cuenta con un área de construcción de 300 m<sup>2</sup> siendo esta de dos plantas más una buhardilla. Entre los espacios considerados para la toma de datos se encuentra en planta baja la *sala* (21 m<sup>2</sup>) hacia la fachada Sur, la *cocina* (10.6 m<sup>2</sup>) orientada hacia la fachada Sur y Norte; el *comedor* (13.6 m<sup>2</sup>) en la fachada Norte. En planta alta los ambientes medidos son el *dormitorio 1* (12.4 m<sup>2</sup>) ubicado hacia el Sur y el *dormitorio 2* (10.9 m<sup>2</sup>) dirigidos hacia el Norte. En la buhardilla se encuentra el *estudio* con un área de 10.9 m<sup>2</sup> (ver Gráfico N° 161).

El material que predomina en las paredes de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido y pintado, la cual consiguen un ancho de 21 cm en todas las paredes de la envolvente. Con respecto al piso este es de madera (parquet) en planta baja y de duelas de madera en planta alta. El techo es de eternit mientras que hacia el interior su cielo raso es de madera únicamente en la buhardilla. Con respecto al exterior de la vivienda, cuenta con jardines en la fachada Norte (patio posterior), hacia el frente se encuentran pisos de cerámica.

Gráfico N° 160.- Ubicación vivienda N° 9



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 28.- Fachada Sur



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 29.- Fachada Norte



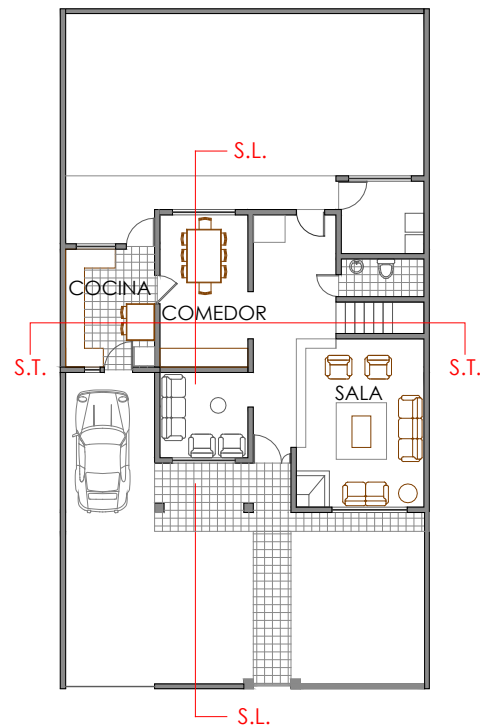
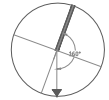
Fuente: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

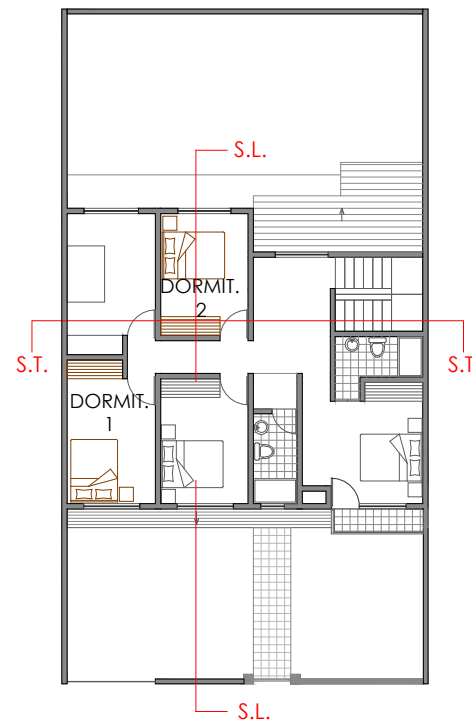
## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

199

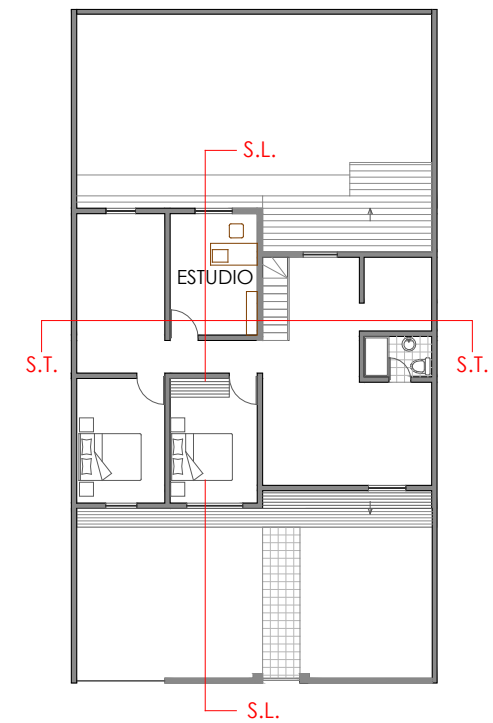
Gráfico N° 161.- Plantas arquitectónicas



Planta Baja



Primera Planta Alta



Segunda Planta Alta

S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal

Elaboracion: Grupo de Tesis





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

En esta vivienda se puede observar que las menores temperaturas se registraron a las 7:00 en planta baja y alta, sin embargo los datos registrados a las 3:00 han disminuido hasta en  $0.5^{\circ}\text{C}$  al igual que en la sala y estudio.

De manera general en la Gráfica N° 162 se puede ver que la variación de temperaturas en el interior de la vivienda no es significativa pues se mantiene casi constante en todas las horas ya que la diferencia entre la más baja y la más alta varía entre 1 y  $1.9^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a la temperatura ambiente al exterior de la vivienda, la mínima registrada no es a las 7:00 como se dio en el interior sino más bien a las 3:00 siendo esta de  $11.4^{\circ}\text{C}$ , mientras que la máxima se registro a las 13:00 en la cual se obtuvo  $20.4^{\circ}\text{C}$ , la diferencia entre estas dos es de  $9^{\circ}\text{C}$ .

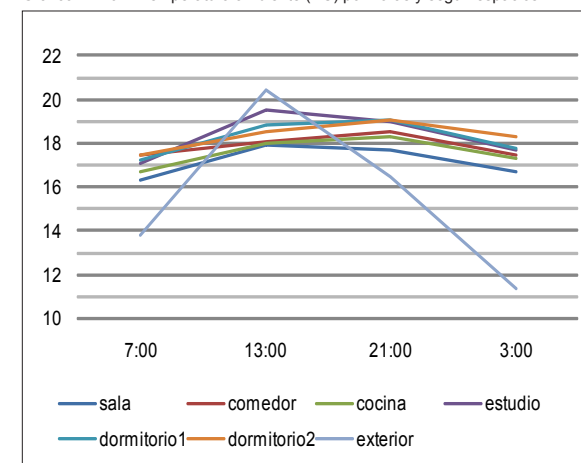
Al analizarse la curva de variación de temperatura ambiente del exterior en relación a las de los diferentes ambientes al interior se puede ver que en el primer caso la temperatura se mantiene menor a

las 7:00, 21:00 y 3:00, mientras que a las 13:00 se invierte pues al exterior se registra una mayor temperatura que al interior.

Al compararse la variación de grados al interior y exterior se puede ver que a las 7:00 con una temperatura ambiente externa de  $13.8^{\circ}\text{C}$ , al interior se consigue desde 2.5 hasta  $3.7^{\circ}\text{C}$  más, considerando los valores obtenidos a las 13:00 se tiene que al interior se registra una menor temperatura que va desde los 0.9 hasta los 2.5 grados en relación al exterior que presenta  $20.4^{\circ}\text{C}$ . A las 21:00 en que la temperatura ambiente externa es de  $16.5^{\circ}\text{C}$  al interior se registra de 1.2 a  $2.6^{\circ}\text{C}$  más. Finalmente a las 3:00 hora en que se ha registrado la mayor variación de grados, se obtuvo como resultado que mientras al exterior presentaba  $11.4^{\circ}\text{C}$  hacia el interior las temperaturas variaban desde los 5.4 hasta los  $6.9^{\circ}\text{C}$ .

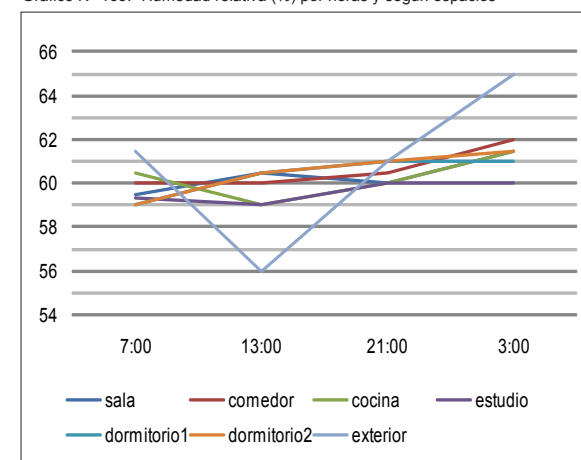
En general la variación de temperatura al interior de la vivienda se encontró entre los  $16.3^{\circ}\text{C}$  y los  $19.5^{\circ}\text{C}$ . Con lo que se puede determinar que a excepción de la sala a las 7:00 y 3:00, la vivienda se encuentra dentro del rango de confort. Considerando los diferentes ambientes se puede entender que la sala la cual

Gráfico N° 162.- Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

Gráfico N° 163.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

se orienta hacia el Sur presenta las menores temperaturas registradas, el estudio que se encuentra en la buhardilla llega a la más alta temperatura que obtuvo la vivienda, los demás ambientes obtuvieron comportamientos similares.

### - Humedad Relativa

Los porcentajes de humedad registrados en el interior de la vivienda son prácticamente similares, sin embargo la Gráfica N° 163 muestra una tendencia de aumento de humedad en los diferentes ambientes de la vivienda conforme pasa el día obteniéndose valores más altos a las 3:00. Los rangos de humedad en que variaban se encontraron entre los 59% y 62%, pudiéndose determinar que los rangos de humedad relativa se encuentran dentro de lo aceptable.

Además se puede ver que la humedad relativa externa varía, pues se registra un máximo porcentaje de humedad a las 3:00 (65 %), siendo esta superior que la registrada al interior y una mínima registrada a las 13:00 (56 %), la misma que presenta un valor menor que al interior. A las 7:00 y 21:00 los porcentajes de humedad son similares (61.5 % y 61 %).

Considerando la temperatura ambiente y la humedad relativa al exterior de la vivienda se puede ver que a menor grado mayor porcentaje de humedad y viceversa, hacia el interior el comportamiento es similar aunque al no haber diferencias significativas de temperatura y humedad no son muy notorios los diferentes comportamientos.

### - Temperatura Radiante

El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo, enlucido en ambas caras y pintado, en esta se ha determinado los valores de temperatura y humedad interna y externa de las fachadas orientadas al Norte y Sur.

Realizando un análisis de la temperatura de la pared en las dos fachadas tanto en la cara interna como en la externa se puede ver en el Gráfico N° 164 que mejores resultados se registraron en la superficie orientada hacia el Norte (fachada posterior de la vivienda), sin embargo las temperaturas que cada una de estas adquieren en las diferentes horas son muy variables, encontrándose los menores valores a las 3:00 y los más altos a las 13:00. En cuanto a la varia-

ción de temperaturas en el exterior, en la fachada Sur (ingreso principal de la vivienda) va desde los 11.2 hasta los 17.4 grados, en la fachada Norte de 12.6 a 18.5 grados. Al compararse la temperatura de la cara externa del material y la interna en cada hora se puede ver que la diferencia de estas fue desde los 0.6 hasta los 5.5 grados en donde este último resultado se obtuvo a las 3:00.

También se puede observar que en la cara externa su temperatura aumenta desde las 7:00 hasta las 13:00, luego empieza a disminuir hasta las 21:00 y aún más hasta las 3:00, por el contrario la temperatura en la cara interna desde las 7:00 empieza a ganar calor hasta las 13:00 y continúa haciéndolo lentamente hasta las 21:00 y a partir de entonces el calor acumulado empieza a perderse y aún más pasada las 3:00. En cuanto a la cara interna de las fachadas adosadas, orientadas hacia el Este y Oeste se obtuvieron como resultados temperaturas que variaban entre 1.3 y 1.4 °C tomando los extremos máximos y mínimos que en el caso de la fachada Este se dio a las 21:00 y 7:00 respectivamente, mientras que en la fachada Oeste la mínima temperatura del material fue a



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

cara interna la temperatura es mayor que en la externa, a excepción de las 13:00 en que pasa lo contrario, en cuanto a la diferencia registrada, esta oscila entre los 3.7°C a las 7:00, 2.4°C a las 13:00, 1.2 °C a las 21:00 y finalmente se obtiene una diferencia de 4.1°C a las 3:00.

Con respecto a la cubierta y al piso se puede notar que las más altas temperaturas se encuentran en el cielo raso (madera) a excepción de las 3:00. En cuanto al valor más alto este se registra a las 13:00 (21.4°C) y la menor a las 3:00 (14.8 °C), mientras que en el piso la temperatura más alta se obtuvo a las 21:00 manteniéndose igual hasta las 3:00 del siguiente día (17.3°C) y la menor temperatura se registra a las 7:00 (15.6°C). Con lo que se puede determinar que la temperatura en el piso se mantiene menos variable (1.7 °C) que en el cielo raso (6.6°C). Esto puede deberse a que en el cielo raso de la cubierta se encuentra un pasillo con planchas de eternit transparentes las mismas que tienen alta conductividad térmica y a que la altura de la buhardilla es mas baja que en el resto de la vivienda. Con respecto al eternit de la cubierta, presenta datos de temperatura mayores a las de la temperatura ambien-

te externa a las 7:00 y 13:00 y datos menores a las 21:00 y 3:00. La mayor temperatura registrada fue de 27.1°C (13:00) y la menor fue de 9.5°C (3:00), obteniéndose una variación en el eternit de 17.6°C mostrándose la alta conductividad que este material presenta.

Considerando la temperatura del eternit y de la madera (cielo raso) hay grandes diferencias a las 13:00 (5.7 °C) y a las 3:00 del siguiente día (5.3 °C), mientras que a las 7:00 y 21:00 las diferencias no son significativas pues en el primer caso no llega ni a 1°C, y en el segundo caso la diferencia es de 1.2°C.

Por otra parte al analizarse la diferencia existente entre la temperatura promedio ambiente al interior de la vivienda y la superficie de los materiales de la envolvente se tiene que con respecto a la pared de ladrillo y a la madera de las puertas, la diferencia de temperaturas se encuentra por debajo de los 3°C. Al compararse con la temperatura del vidrio de las ventanas se obtiene que a las 3:00 la diferencia de temperatura supere los 3°C. en cuanto a la superficie interna de la cubierta se ha registrado que a las 13:00 y 3:00 la diferencia de temperatura es mayor a 2 °C.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi seco, húmedo, muy húmedo o empapado. De esta manera con respecto al material predominante, que es el ladrillo macizo enlucido, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran en un rango de 79 a 94 aproximadamente (ver Gráfico N° 164) y con una densidad del ladrillo de 1800 kg/m<sup>3</sup> se puede concluir que el material se encuentra húmedo.

Igualmente se ha podido determinar que a las 13:00, en las fachadas no adosadas son mayores los valores obtenidos en la cara externa que en la interna. Y de manera general se puede ver que los valores de humedad a las 7:00, 21:00 y 3:00 son mayores al exterior que al interior. El valor máximo registrado en la cara externa e interna es a las 7:00 en la fachada Norte mientras que en la fachada Sur el valor máximo alcanzado



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

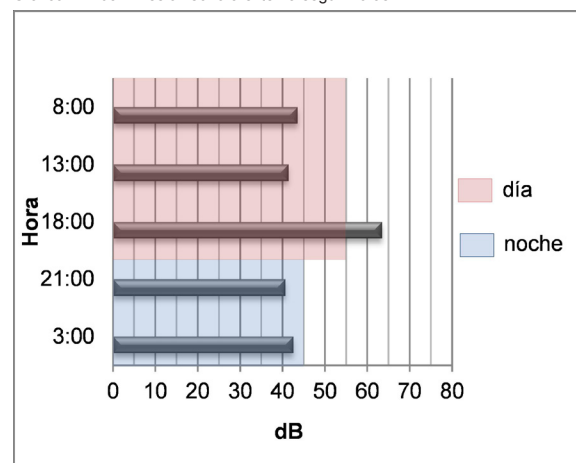
es a las 3:00 en la superficie externa y a las 21:00 al interior, además se puede determinar que la humedad en la cara interna de las fachadas adosadas son menores que en las otras dos analizadas.

Por otra parte, para el caso de la cubierta se tiene que en el recubrimiento exterior que es eternit, los valores varían entre 43 y 50, con lo cual considerando una densidad de  $1250 \text{ kg/m}^3$  nos permite determinar que se encuentra en la categoría normal - seco. En cuanto al material interior que es madera, en todos los casos la humedad es inferior a la registrada en la teja, pues los datos oscilan entre 9.6 y 18 aproximadamente, con lo cual en base a una densidad de  $700 \text{ kg/m}^3$  se puede establecer que el material se encuentra muy seco.

### B) Comportamiento Acústico:

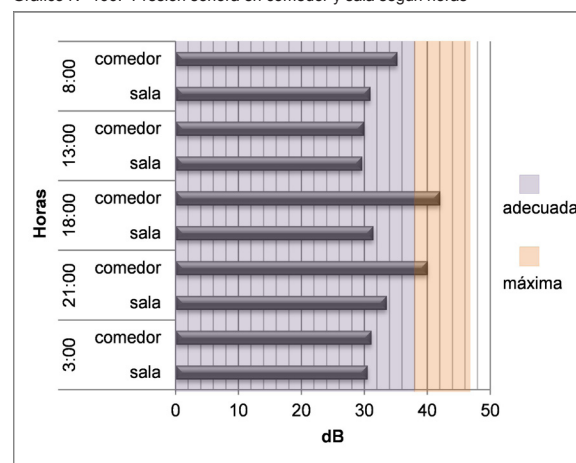
Para determinar el ruido que ingresa al interior de la vivienda se han realizado cinco mediciones al exterior, tres durante el día y 2 durante la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, en las mediciones realizadas los resultados obte-

Gráfico N° 165.- Presión sonora externa según horas



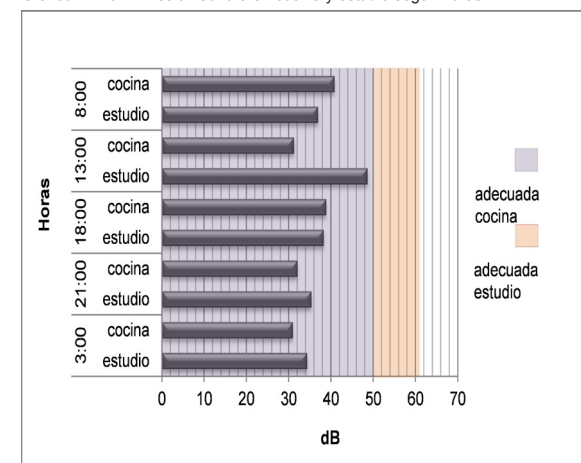
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 166.- Presión sonora en comedor y sala según horas



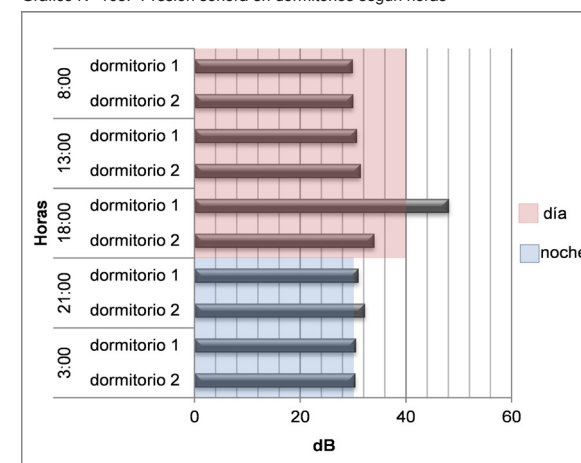
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 167.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 168.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

205

nidos muestran que estos cumplen con la norma establecida a las 8:00, 13:00, 21:00 y 3:00, por el contrario a las 18:00 el dato registrado es alto, sobrepasando el valor normado (ver Gráfico N° 165).

En los datos tomados al interior de la vivienda de los diferentes ambientes se tiene que en el comedor y sala se encuentran dentro del rango adecuado en la mayoría de los casos menos a las 18:00 y 21:00 en que el comedor se encuentra fuera de este rango pero dentro del máximo permitido (ver Gráfico N° 166).

Considerando los valores obtenidos en la cocina y estudio, en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido adecuado (ver Gráfico N° 167).

Finalmente en los dormitorios durante el día presentan niveles de sonidos adecuados a excepción del dormitorio 1 a las 18:00, hora en que al exterior presenta un alto nivel de sonido, en cuanto a la noche, estos se encuentran en el límite de la norma (ver Gráfico N° 168). En conclusión únicamente a las 18:00 el ruido que ingresa afecta al confort acústico en los dormitorios.

### C) Comportamiento Lumínico:

La iluminación natural no ingresa de manera directa a la vivienda pues esta se encuentra orientada en el eje Norte – Sur, sin embargo, la iluminación que ingresa en la fachada principal por el Norte a los ambientes de sala y dormitorio 1 se puede ver que en el primer caso la iluminación captada no es suficiente ni en la mañana ni en la tarde, a diferencia del dormitorio 1 en que se encuentra sobre los niveles de iluminación óptimos y por debajo del máximo permitido (ver Gráfico N° 169).

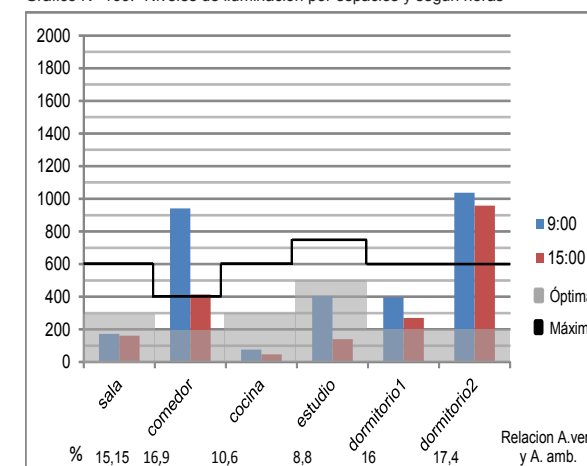
Considerando la iluminación que ingresa por la fachada orientada hacia el Sur, los ambientes como cocina, comedor, dormitorio 2 y estudio presentan un comportamiento variado, pues el comedor y el dormitorio 2 sobrepasan los niveles máximos permitidos tanto en la mañana como en la noche. Por el contrario la cocina y el estudio se encuentran por debajo de la norma (ver Gráfico N° 169).

En conclusión la poca iluminación que ingresa a la cocina se debe a la sombra provocada por los aleros, mientras que en el estudio el área de ventanas no es suficiente. En cuanto al comedor y dormitorio

2 estos no cuentan con sombras provocadas por algún elemento arquitectónico y el área de ventanas presentan dimensiones considerables que a pesar de no encontrarse con la orientación adecuada la iluminación que ingresa es muy alta.

Considerando el área de ventanas y el área del ambiente, la cocina y el estudio con cumplen con el mínimo de 15% establecido por la Ordenanza de Cuenca.

Gráfico N° 169.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.10.- Vivienda N° 10

En la vivienda N° 10, las mediciones fueron realizadas el 20 de junio de 2011, ésta pertenece al grupo de viviendas aisladas, se encuentra orientada hacia el Noroeste con un ángulo de inclinación de 303 grados con respecto al Norte. Está emplazada dentro de un conjunto residencial, ubicado en la Av. Loja entre Av. Don Bosco y Alonso Quijano (ver en el Gráfico N° 170), que es una zona en donde si bien existe el uso vivienda, también se encuentra el comercio de manera considerable, además que es un sector de la ciudad en donde el tráfico vehicular es elevado. El área de construcción de la vivienda es de 247 m<sup>2</sup> y cuenta con dos plantas.

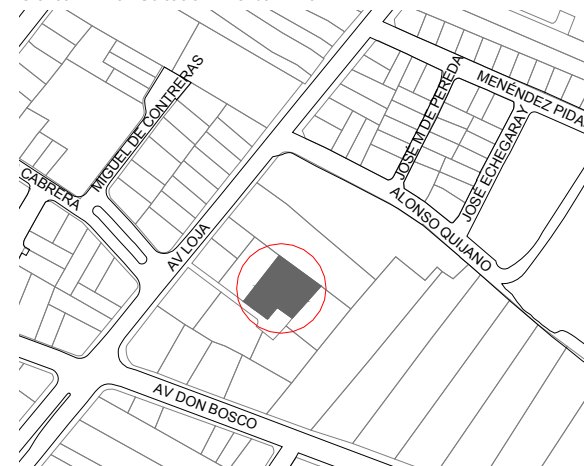
De los espacios que se han considerado para el registro de datos, en planta baja se encuentran *sala, comedor y cocina* orientados hacia el Noroeste y que tienen un área de 21.5 m<sup>2</sup>, 9.18 m<sup>2</sup> y 8.36m<sup>2</sup> respectivamente, además se tiene el *estudio* dirigido hacia Sureste con un área igual a 22 m<sup>2</sup>. En planta alta se ubican el *dormitorio 1* y *dormitorio 2*, orientados hacia el noroeste, cuyas áreas son en orden 23,67 m<sup>2</sup> y 13 m<sup>2</sup> (ver Gráfico N° 171). El material predominante en las pa-

redes de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo el cual está enlucido con mortero y pintado de blanco únicamente en la superficie interna, mientras que al exterior el ladrillo es visto, teniendo un espesor de 17 cm.

Es importante mencionar que parte de la planta baja, concretamente en las zonas donde se localizan el comedor, cocina y estudio, las paredes están construidas en adobe, el mismo que es enlucido con mortero tanto en la cara externa como interna y en ésta última se encuentra recubierto además con pintura blanca, éstos muros tienen un ancho de 40 cm. El piso de la vivienda es de madera a excepción de la cocina y baños, en cuanto a la cubierta, ésta tiene un recubrimiento de eternit y hacia el interior el cielo raso es de estuco. Exteriormente la vivienda cuenta con jardines en los cuatro retiros, además hacia la fachada suroeste se encuentra un garaje cubierto.

Es preciso aclarar que las mediciones de las 3:00 en esta vivienda fueron registradas únicamente con respecto a la temperatura ambiente, ya que lo demás no fue factible realizarlo.

Gráfico N° 170.- Ubicación vivienda N° 10



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 30.- Fachada Suroeste y Sureste



Fuente: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

207

Foto N° 31.- Fachada Sureste



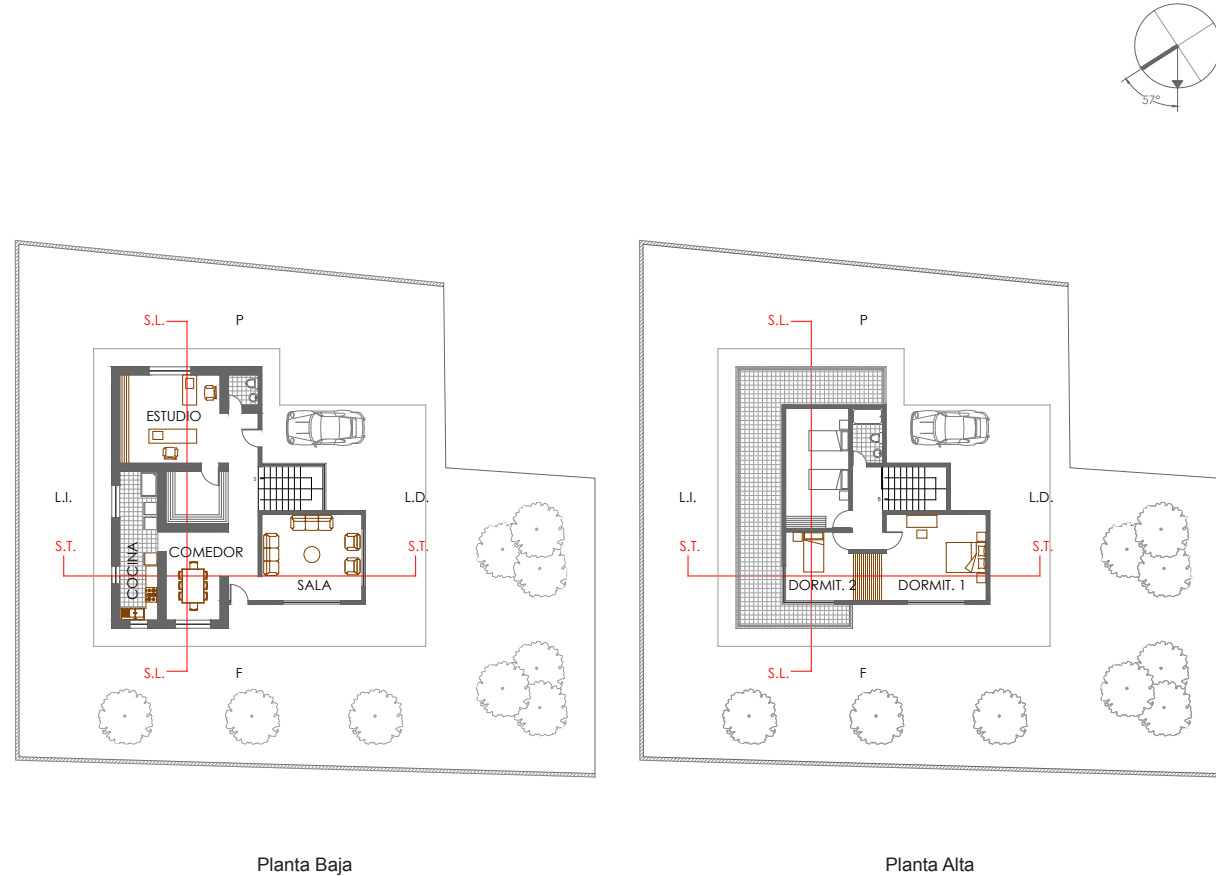
Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 32.- Fachada Noroeste



Fuente: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 171.- Plantas arquitectónicas



Elaboración: Grupo de Tesis.

S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

Como se puede observar en el Gráfico N° 172, las temperaturas mínimas al interior de la vivienda se presentan a las 7:00, tanto en los ambientes de planta baja como en los de planta alta, mientras que las máximas se registran a las 13:00, siendo mayores en algunos espacios de planta baja como cocina y comedor. En relación al exterior, se tiene que la temperatura mínima se presenta a las 3:00, aunque a las 7:00 el valor también es bajo y bastante próximo al de las 3:00, en tanto que la máxima temperatura le corresponde a las 13:00. De esta manera, la diferencia entre los valores máximos y mínimos en el exterior es 18,4°C y al interior en planta baja varía desde 3,5°C (comedor, cocina, estudio) hasta 4,8°C (sala) mientras que en planta alta se tiene una diferencia de 3,3°C.

Con respecto al comportamiento de las líneas de temperatura, se puede apreciar que éstas se desarrollan de la misma manera para todos los ambientes, ya que a las 7:00 se registran los menores valores, los cuales son superiores al inte-

rior de la vivienda con 5,2°C hasta 6,9°C en relación a la temperatura del ambiente exterior, en tanto que para las 13:00 en todos los espacios la temperatura asciende y en este punto es menor la registrada hacia al interior que la del exterior, tendiendo desde 6,9 hasta 7,3 grados de diferencia. Para las 21:00 los valores descienden nuevamente, especialmente en los ambientes de planta baja y al igual que a las 7:00, la temperatura al interior es superior con 4,2 hasta 5,4 grados con respecto a la del exterior. Igualmente para las 3:00 los valores continúan disminuyendo y se mantiene superior al interior con hasta 9,4°C más que al exterior.

Es así que al interior de la vivienda la temperatura fluctúa entre los 15,2 y 20,4 °C en planta baja y en planta alta entre los 16,7 y 20 °C, con lo que se puede concluir que con las mínimas temperaturas no se cumple con una condición de confort, mientras que en las demás horas analizadas, especialmente a las 13:00 y 21:00 los valores de temperatura se encuentran dentro de la zona de confort. Es importante mencionar que aunque la temperatura exterior a las 3:00 es inferior que la registrada a las 7:00, al interior de la vivienda sucede lo contrario, con lo

cual se puede decir que los materiales de la edificación tienen la capacidad de conservar el calor ganado durante el día para de esta manera proporcionar condiciones de confort en las horas más críticas que son las de la madrugada.

En relación a los ambientes ubicados hacia las diferentes fachadas se ha podido conocer que las temperaturas son similares entre éstos, es decir no existen diferencias significativas en base a la orientación de cada espacio.

#### - Humedad Relativa

En cuanto a la humedad relativa, como se puede apreciar en el Gráfico N° 173, los mayores porcentajes al interior se presentan a las 7:00, siendo superiores en los ambientes de planta baja. A las 13:00, en todos los casos los valores disminuyen, pero más significativamente en planta baja, ya que en planta alta únicamente difieren en 1% con respecto a la humedad registrada a las 7:00. Para las 21:00, en planta baja los porcentajes de humedad relativa nuevamente se incrementan, en tanto que en planta alta se mantienen iguales. Con respecto al exterior, la humedad rela-



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

209

tiva es mayor a la obtenida en la mayoría de ambientes interiores a las 7:00, a las 21:00 esto se invierte, en tanto que a las 13:00 el porcentaje registrado al exterior es menor en todos los casos a los del interior de la vivienda. La máxima humedad relativa al exterior se presenta igualmente a las 7:00 y la mínima a las 13:00.

De esta manera los valores internamente varían entre 59 y 65%, es decir existe una diferencia del 6% entre la máxima y mínima humedad relativa registrada, mientras que al exterior fluctúa entre el 51 y el 65%, es decir se tiene una mayor variación que al interior, siendo ésta del 14%. Por otra parte al igual que la temperatura, no existen mayores variaciones dependiendo de las orientaciones de los ambientes, sin embargo las diferencias se pueden distinguir más claramente entre planta baja y planta alta.

Después de haber analizado los elementos climáticos de temperatura ambiente y humedad relativa al interior de la vivienda se puede concluir que los mayores porcentajes de humedad se corresponden con las menores temperaturas (7:00) y viceversa, es decir cuando la temperatura es máxima la humedad relativa es la

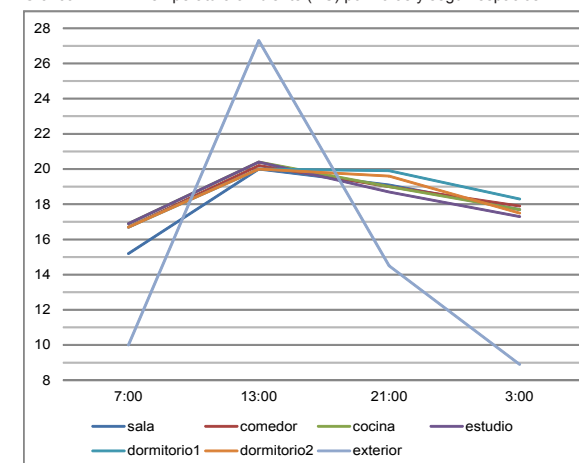
mínima y lo mismo sucede en el ambiente exterior (ver Gráficos N° 172 y 173).

En cuanto al rango de confort, se puede determinar que con las respectivas temperaturas y humedades relativas registradas a las 7:00 la vivienda no se encuentra dentro de éste, en tanto que en las demás horas analizadas si se cumple con la condición de confort. Con respecto al exterior en ningún punto se encuentra dentro de la zona de confort, ya que si bien la humedad relativa si cumple con los valores aceptables, a las 7:00, 21:00 y 3:00 las temperaturas son menores al límite inferior del rango de confort, mientras que a las 13:00 el valor registrado es superior aunque mínimamente a la máxima temperatura establecida como confortable.

### - Temperatura Radiante

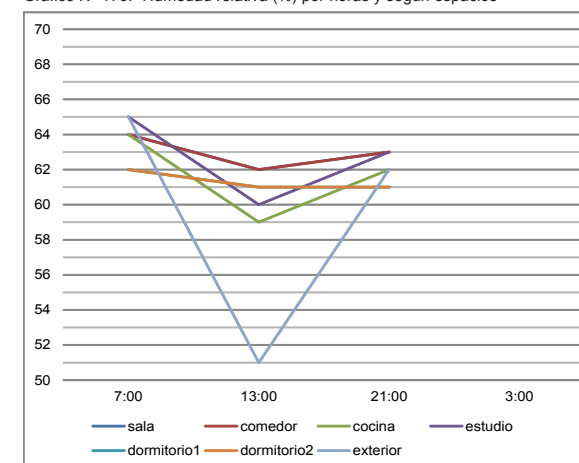
El material predominante en la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo, el cual se encuentra enlucido y pintado de blanco en la superficie interna, mientras que en la externa no tiene ningún recubrimiento. En estos planos se ha obtenido la temperatura de dichos materiales en cada una de las fachadas de la edificación y de esta manera tal como

Gráfico N° 172.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 173.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

se muestra en el Gráfico N° 174, se ha podido conocer que en la fachada Noroeste la temperatura de la cara externa de la pared es menor que la registrada en el ambiente exterior únicamente a las 13:00, teniendo 6,9°C de diferencia, en tanto que a las 7:00 y 21:00 es mayor con 1,7 y 3,1 grados, respectivamente. Con respecto a la temperatura de la cara interna de la pared, se tiene que a las 7:00 ésta es superior con 5,5 °C a la registrada en la superficie externa, para las 13:00 en el plano externo la temperatura aumenta 8,7°C, mientras que al interior disminuye 0,4°C y en este punto el valor de la cara externa es superior con 3,6°C al de la interna. Para las 21:00 sucede lo opuesto a las 13:00, ya que en la superficie externa la temperatura baja 2,8°C, en tanto que en la interna asciende 3°C, con lo que en este caso el valor obtenido hacia el interior de la pared es mayor con 2,2°C al de la superficie externa.

Un segundo material existente en esta fachada es el vidrio (ventanas), en donde la temperatura de la cara exterior es superior a la registrada en la interior solamente a las 13:00, con aproximadamente 3°C más, mientras que a las 7:00 y 21:00 es inferior con 1°C. Realizando

una comparación con la temperatura ambiente externa, se ha podido establecer que ésta es muy similar a la obtenida en la superficie exterior del vidrio a las 13:00 y 21:00, mientras que a las 7:00 existe una mayor diferencia entre las dos.

Se ha realizado además un análisis del comportamiento de la madera, pues existe una puerta de este material en esta fachada, determinando así que a las 7:00 y 13:00 las temperaturas registradas en su cara externa son mayores a las correspondientes en el ladrillo macizo, en tanto que a las 21:00 esto se invierte. En las superficies internas se puede apreciar que a las 7:00 y 21:00 son menores los valores en la madera y únicamente a las 13:00 es superior la temperatura del ladrillo.

Estos dos materiales en sus superficies externas presentan el mismo comportamiento en relación a la oscilación de la temperatura en el transcurso del día, ya que ésta aumenta a las 13:00 y baja para las 21:00, sin embargo hacia el interior tienen un comportamiento diferente en el lapso de las 13:00 y 21:00, ya que en el caso del ladrillo la temperatura se incrementa mientras que en la madera disminuye. Efectuando el mismo análisis en la facha-

da Sureste (ver Gráfico N° 174), se puede determinar que la fluctuación de la temperatura en el ladrillo se desarrolla de la misma manera que en la fachada Noroeste, sin embargo se puede notar que en la superficie externa, esta variable climática se mantiene relativamente más constante en el transcurso del día, mientras que en la superficie interna sucede lo contrario. Se puede apreciar también que los valores obtenidos en la superficie interna y externa son menores a los correspondientes en la fachada opuesta con hasta 3,9 y 6,8 grados, respectivamente.

Con respecto al vidrio se puede establecer que tanto en la cara interna como externa, las temperaturas son inferiores a las registradas en la fachada Noroeste, además realizando una comparación con la temperatura del ambiente exterior se puede apreciar que a las 7:00 y 21:00, ésta es muy próxima a la registrada en la cara externa del vidrio, mientras que a las 13:00 existe una diferencia considerable (10,9 °C) entre los dos valores.

Por otra parte, un tramo de esta fachada está construido en adobe, el cual se encuentra enlucido en las dos caras y pintado de blanco únicamente hacia el

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

211

interior. Analizando este material se ha podido conocer que presenta el mismo comportamiento que el ladrillo y si bien en todos los casos las temperaturas registradas en el adobe son superiores, los valores son muy similares a las 7:00 y 21:00 y solamente a las 13:00 se pueden constatar que existe una mayor diferencia entre los dos materiales, siendo ésta de 1,2 °C al interior y de 2,7°C al exterior.

Para el caso de las fachada Suroeste y Noreste (ver Gráfico N° 174), con respecto al ladrillo se puede apreciar que en la primera las temperaturas son muy similares a las obtenidas en la fachada Sureste, siendo mínimamente mayores a las 13:00 y 21:00, mientras que en la segunda se asemejan a los valores registrados en la fachada Noroeste, sin embargo el comportamiento de la temperatura es el mismo, es decir ésta se incrementa de 7:00 a 13:00 y disminuye para las 21:00. En relación al vidrio, se puede constatar que tanto al interior como al exterior las temperaturas son en la mayoría de los casos superiores a las registradas en las dos fachadas anteriormente analizadas, presentando también el mismo comportamiento que en éstas. Además en la fachada orientada al Noreste

se cuenta también con una parte construida en adobe, en donde internamente existe una diferencia mínima en relación a los valores obtenidos en el adobe de la fachada Sureste, en tanto que al exterior y especialmente a las 13:00 se tiene una variación considerable (12,5°C). Igualmente se puede concluir que las temperaturas del ladrillo y el adobe no son muy similares a diferencia de lo que sucede en la fachada Sureste, en donde existen pequeñas variaciones entre los valores registrados en ambos materiales.

En cuanto a la cubierta y al piso, cuyos materiales son respectivamente estuco y madera, se ha determinado que a las 7:00, si bien la temperatura del cielo raso es superior que la del piso, se tiene una diferencia de únicamente 0,2°C entre los dos valores. Igualmente para las 13:00 y 21:00 continúa siendo mayor la temperatura registrada en el estuco, pero en este caso se tiene una mayor diferencia con respecto a los valores obtenidos en el piso, particularmente a las 13:00 (4°C). La mínima temperatura en los dos elementos se presenta a las 7:00, mientras que la máxima en el cielo raso se registra a las 13:00 y en el piso a las 21:00. De ésta manera se tiene que la diferencia en-

tre el menor y el mayor valor es de 4,5°C en el cielo raso y de 2,3°C en el piso.

Con respecto al recubrimiento exterior de la cubierta, el cual es eternit, se ha podido conocer que éste posee temperaturas inferiores a la del ambiente exterior tanto a las 7:00 como 21:00, existiendo respectivamente 6,4 y 8,9 grados de diferencia, mientras que a las 13:00 es mayor con 13,4°C la temperatura registrada en el eternit. Al efectuar una comparación entre los valores que se presentan en el eternit con los del estuco, se ha podido concluir que las diferencias entre estos dos son mayores que las encontradas con respecto a la temperatura del ambiente externo, ya que a las 7:00 y 21:00 en el cielo raso se tienen en orden 8,9 y 13 grados más que en el eternit, en tanto que a las 13:00 la temperatura del eternit es superior con 20,9°C a la del cielo raso.

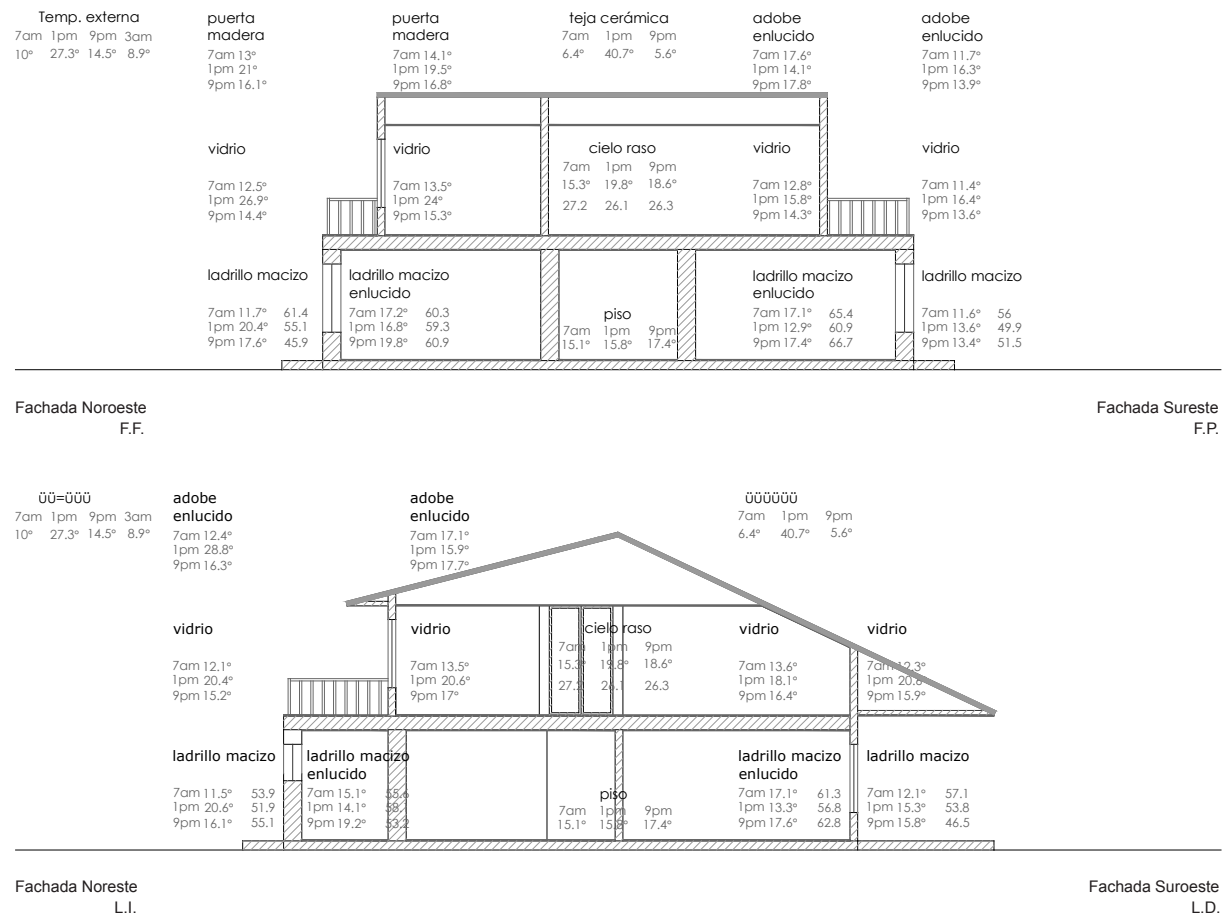
Después de haber realizado este análisis de manera general se puede concluir que al interior de la vivienda, las temperaturas más bajas de la envolvente se presentan predominantemente en el vidrio a excepción de las 13:00 que es el punto en donde se registran valores más

elevados y que incluso en la mayoría de casos corresponden a los máximos que se alcanzan en el interior. En este material, tanto a las 7:00 como 21:00 la temperatura es menor a los 17 °C, que es límite inferior del rango de confort. De igual manera en el piso se presentan también temperaturas bajas, especialmente a las 7:00 y 13:00, así como también en el cielo raso únicamente a las 7:00.

Por otra parte, las mayores temperaturas se registran en el ladrillo y adobe a las 7:00 y 21:00, ya que a las 13:00 las temperaturas son inferiores a 17°C.

Adicionalmente se ha podido establecer que tanto a las 7:00 como 3:00 la temperatura radiante promedio registrada en las paredes de la envolvente es levemente inferior a la temperatura ambiente promedio del interior de la vivienda, y únicamente a las 13:00 existe una diferencia superior a 3°C entre estos dos valores. De igual manera realizando una comparación entre la temperatura ambiente y la del cielo raso, se ha podido determinar que en todos los casos los dos valores se mantienen similares, teniendo una diferencia de máximo 1,22°C, por lo que se encuentra dentro del ran-

Gráfico N° 174.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

go establecido como adecuado. Es así que se puede concluir que al no existir diferencias térmicas significativas entre la temperatura ambiente y la de las superficies de la envolvente, no se genera un mayor cambio energético que puede modificar la temperatura de sensación de los usuarios de la vivienda.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto al contenido de humedad presente en el material predominante de la envolvente, que es el ladrillo macizo enlucido y pintado hacia el interior y visto en la cara exterior, se ha podido determinar que tal como se puede apreciar en el gráfico N°174, interiormente los datos registrados varían en un rango de 50 a 70, lo cual nos permite establecer que el material se encuentran en un estado seco normal, en tanto que exteriormente las cifras oscilan entre 40 y 60 aproximadamente, de manera que éstas superficies se encuentran dentro de las categorías de muy seco (entre 40 y 50) y normal seco (50-60).

De igual manera se ha determinado que los datos registrados en la superficie externa es decir la del ladrillo sin recubri-

miento son menores que los del enlucido o superficie interna, exceptuando el caso de la fachada Noroeste a las 7:00, en donde sucede lo contrario, no obstante la diferencia entre las temperaturas de los dos planos en este punto es mínima. De esta manera en la fachada Noroeste (ver Gráfico N°174), la mínima humedad se registra a las 13:00 en la cara interna y a las 21:00 en la externa, siendo respectivamente 59,3 y 45,9, en tanto que la máxima internamente se presenta a las 21:00 (60,9) y externamente a las 7:00 (61,4).

En la fachada Sureste (ver Gráfico N°174), los valores que se obtienen en la cara interna son superiores a los registrados en la fachada Noroeste, mientras que en la superficie externa son inferiores a las 7:00 y 13:00, únicamente a las 3:00 son mayores. En este caso la menor humedad se presenta a las 13:00, tanto en el ladrillo enlucido como en el visto (60,9 y 49,9 respectivamente), mientras que el mayor valor se registra en la cara interna a las 21:00 (66,7) y en la externa a las 7:00 (56).

Con respecto a las fachadas Suroeste y Noreste (ver Gráfico N°174), se puede ver que presentan valores similares que las

dos fachadas analizadas anteriormente, siendo hacia la parte interior de las paredes orientadas al Noreste en donde se registran los menores valores de humedad. La menor humedad en la fachada Suroeste se presenta en el ladrillo enlucido a las 13:00 y en el visto a las 21:00, siendo respectivamente 56,8 y 46,5, en tanto que el mayor valor al interior se registra a las 21:00 (62,8) y al exterior a las 7:00 (57,1). Finalmente en la fachada Noreste, la mínima humedad en el ladrillo enlucido se obtiene a las 3:00 (53,2) y en el ladrillo visto a las 13:00 (51,9), mientras que la máxima humedad internamente se presenta a las 13:00 (58,1) y externamente a las 21:00 (55,1).

Por otra parte, en cuanto a la cubierta si bien exteriormente, es decir en el eternit no fue posible registrar las mediciones de humedad, hacia el interior, en donde el material es estuco de yeso, se puede observar que los datos varían entre 25 y 30 (ver Gráfico N° 174), lo cual significa que el material se encuentra muy seco.

### B) Comportamiento Acústico:

Se han realizado cuatro mediciones para determinar el nivel de ruido que ingresa



## II CAPÍTULO

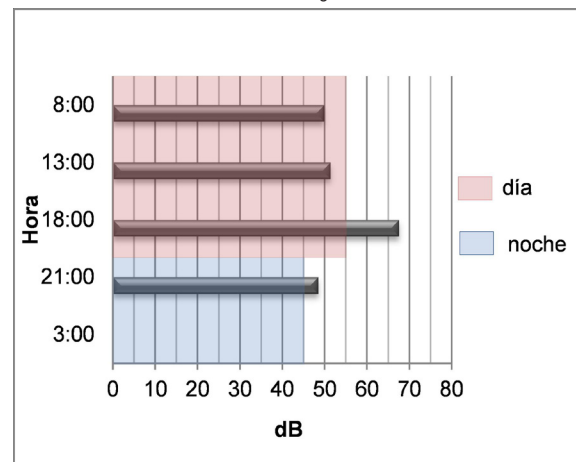
## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

a la vivienda, de las cuales tres fueron registradas en el día y una en la noche, a diferencia de las demás viviendas analizadas, no fue posible efectuar las mediciones a las 3:00. Considerando que según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe sobrepasar los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, se puede establecer que esto se cumple a las 8:00 y 13:00, en tanto que a las 21:00 y 3:00 los valores se encuentran fuera del rango permitido (ver Gráfico N°175).

Con respecto a las mediciones realizadas al interior de la vivienda, se tiene que en la sala y comedor se cuenta con un nivel de sonido adecuado tanto a las 8:00 como 21:00, a las 18:00 los datos registrados se encuentran dentro del rango de los máximos permitidos, mientras que a las 13:00 se supera éste límite, especialmente en el comedor (ver Gráfico N°176).

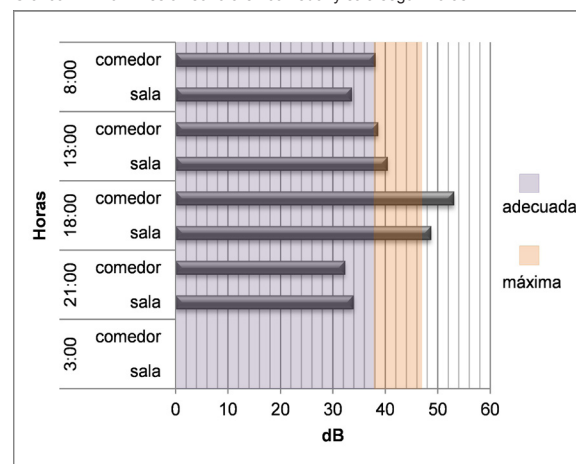
En la cocina y estudio, si bien a las 13:00 y 18:00 se presentan valores elevados, en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido, dentro del rango permitido. (Ver Gráfico N°177). Por último, en los dormitorios como se puede observar en el Gráfico N°178, durante el día los niveles de sonido re-

Gráfico N° 175.- Presión sonora externa según horas



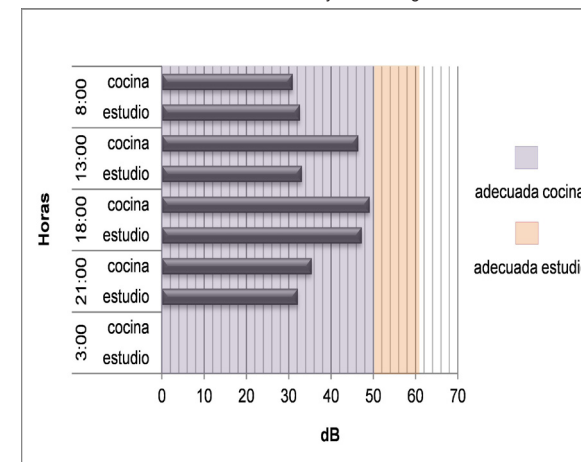
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 176.- Presión sonora en comedor y sala según horas



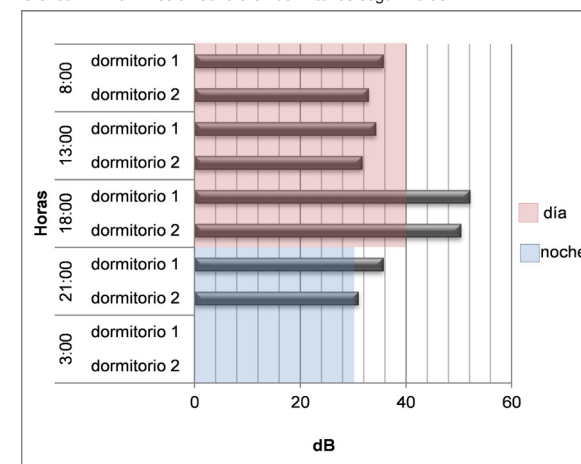
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 177.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 178.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

215

gistrados se encuentran dentro de lo permitido por la norma a excepción de las 18:00 en donde se supera el límite máximo. Durante la noche los valores que se presentan son mayores a los establecidos como adecuados, siendo esto más significativo en el dormitorio 1.

Es así que se puede concluir que en los ambientes de cocina y estudio el ruido externo no genera problemas para el normal desarrollo de las actividades, sin embargo se puede notar que en área social y de descanso si afecta al confort acústico a las 18:00 y 3:00, lo cual representa un inconveniente especialmente en las noches.

### C) Comportamiento Lumínico:

Durante las mañanas, la fachada Lateral Izquierda (Noreste) recibe directamente la iluminación natural y en menor incidencia la fachada Posterior (Sureste), encontrándose hacia esta última orientación el estudio, sin embargo en este ambiente la iluminación registrada en la mañana no cumplen con la norma, existiendo un faltante 173 lux, en tanto que en la tarde se supera la norma máxima (ver Gráfico N°179).

En los espacios que se ubican hacia la fachada Frontal (Noroeste), que son sala, comedor, cocina, dormitorio 1 y dormitorio 2, la iluminación ingresa directamente durante las tardes. En el caso de la cocina y dormitorio 1, tal como se puede apreciar en el Gráfico N°179, en la mañana no se alcanza el valor óptimo establecido en la norma, mientras que en la tarde se sobrepasa el máximo, especialmente en el segundo ambiente.

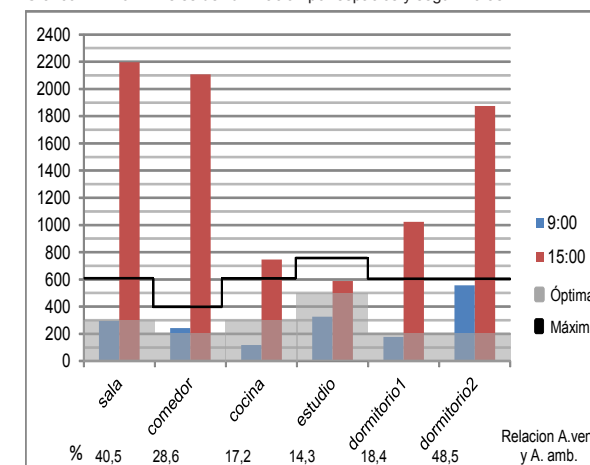
Con respecto a la sala y comedor, en el primero el nivel de iluminación obtenido en la mañana es bastante próximo al óptimo recomendado y en el segundo supera mínimamente este valor, mientras que en la tarde, en ambos casos se excede significativamente la norma máxima (ver Gráfico N°179).

En cuanto al dormitorio 2, al contar con ventanas tanto hacia el Noroeste como al Noreste, se explica que la iluminación obtenida en la mañana se encuentra muy cercana al límite máximo según la norma, en tanto que en la tarde se supera dicho valor (ver Gráfico N°179).

Después de haber realizado este análisis, se puede concluir que se obtienen nive-

les de iluminación más elevados durante la tarde, ya que en la mañana algunos ambientes no alcanzan el valor óptimo establecido en la normativa, no obstante en las horas de la tarde, al excederse de los niveles máximos recomendados en casi la totalidad de los ambientes, se pueden generar deslumbramientos, afectando así el confort visual de los usuarios. Igualmente se ha podido establecer que únicamente el estudio no cumple con el mínimo porcentaje en área de ventanas en relación al área del ambiente según lo determinado en la normativa.

Gráfico N° 179.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

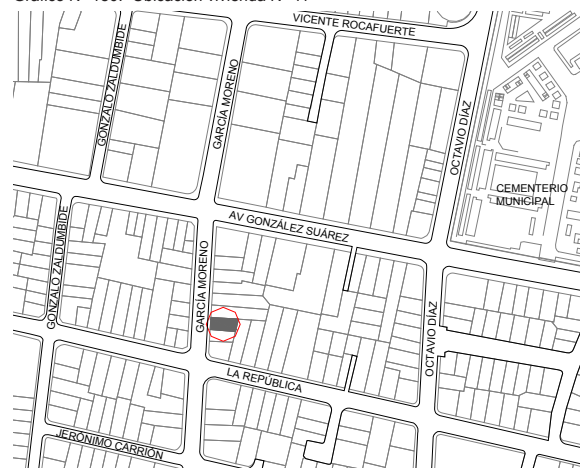
### 2.2.2.11.- Vivienda N° 11

Las mediciones de la vivienda N° 11 fueron registradas el 22 de junio de 2011 y se encuentra dentro del grupo de viviendas adosadas, tiene una orientación hacia el Oeste con un ángulo de inclinación de 267 grados con respecto al Norte. Está ubicada en la Calle García Moreno, entre González Suarez y La República, que como se puede ver en el Gráfico N° 180, corresponde a una zona central de la ciudad y por encontrarse cercana a importantes vías de la ciudad como la Av. Huayna Cápac y la Av. González Suarez, el tráfico vehicular es elevado, si bien se trata de una zona residencial, existe también el uso de suelo comercio de forma considerable. El área de construcción de la vivienda es de 191,8 m<sup>2</sup> y se desarrolla en dos plantas.

De los espacios considerados para el registro de datos, en planta baja se encuentran la *sala* y *comedor* orientados hacia el Oeste, cuyas áreas son en orden 10,18 m<sup>2</sup> y 10,5 m<sup>2</sup>, además se cuenta con la *cocina* que está dirigida hacia el Este y tiene un área de 9,5 m<sup>2</sup>. En planta alta se ubican el *dormitorio 1* con orientación Oeste y una superficie de 11,34

m<sup>2</sup>, el dormitorio 2 dirigido hacia el Este que tiene un área de 9,54 m<sup>2</sup> y el estudio que se encuentra en la zona intermedia de la planta alta y por tal razón no cuenta con ventanas y tiene un área de 4,74 m<sup>2</sup>. Es importante mencionar que el comedor se ilumina a través de las ventanas de la sala y el estudio cuenta con un tragaluz (ver Gráfico N° 181). El material predominante en las paredes de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido con mortero, teniendo un ancho de 17 cm. El piso es de madera a excepción de la cocina y baños, el recubrimiento de la cubierta es teja de

Gráfico N° 180.- Ubicación vivienda N° 11



Elaboración: Grupo de Tesis.

Foto N° 33.- Fachada Oeste



Fuente: Grupo de Tesis.

Foto N° 34.- Fachada Este



Fuente: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

217

cerámica y hacia el interior predominantemente el cielo raso es de estuco. Exteriormente la vivienda cuenta con un patio de piso duro tanto en el retiro frontal como posterior, así mismo en el retiro en planta baja de la fachada Sur se ubica un garaje.

### A) Comportamiento Higrotérmico:

#### - Temperatura Ambiente

En esta vivienda las temperaturas mínimas se presentan a las 7:00, acen tuándose en algunos espacios tanto de planta baja y planta alta, como son la cocina y los dormitorios, en tanto que las máximas temperaturas se registran a las 13:00, siendo superiores en los ambientes de planta alta con hasta 1,5°C. En cuanto al exterior, las menores temperaturas se presentan a las 7:00 y 3:00, siendo muy próximas en los dos puntos, mientras que la máxima al igual que el interior de la vivienda se registra a las 13:00 (ver Gráfico N°182). Es así que la diferencia entre los valores máximos y mínimos en el exterior es 13,2 °C, en tanto que al interior en planta baja varía desde 3,2°C (comedor) hasta 4,1°C (cocina) y en planta alta entre 4,6° C (dormitorio1) y 4,7 ° C (dormitorio 2).

Gráfico N° 181.- Plantas arquitectónicas



Elaboración: Grupo de Tesis.

S.T. = Sección Transversal  
S.L. = Sección Longitudinal



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

Tal como se puede observar en el gráfico N° 182, el comportamiento de las líneas de temperatura se desarrolla de la misma manera para todos los ambientes, ya que a las 7:00 se cuenta con las mínimas temperaturas, pero éstas son superiores al interior que al exterior con 3,1°C hasta 3,8°C, mientras que para las 13:00 la temperatura asciende y contrario a lo sucedido a las 7:00, ésta es inferior en el interior de la vivienda con hasta 6,4°C. Para las 21:00 los valores otra vez descienden y en este punto la temperatura del interior nuevamente supera a la del exterior con 2,1°C hasta 3,2°C. De igual manera para las 3:00 los valores continúan bajando pero se mantienen mayores hacia el interior con 4,5 hasta 4,9 grados.

De acuerdo con este análisis se puede ver que la variación de la temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 17,9 y 22°C en planta baja y en planta alta entre los 17,6 y 22,8°C, concluyendo así que la vivienda se encuentra en condiciones de confort en todos los puntos. Es preciso mencionar que aunque las temperaturas exteriores de las 7:00 y 3:00 difieren únicamente en 0,5°C, hacia el interior los valores se mantienen consi-

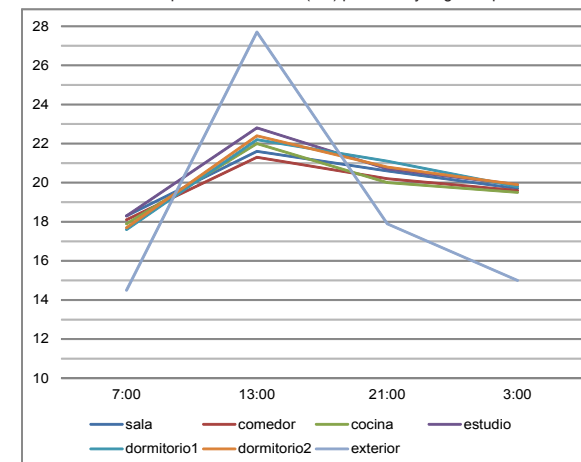
derablemente más altos a las 3:00 lo cual nos permite establecer que los materiales de esta vivienda tienen la capacidad de mantener el calor ganado durante el día y de esta manera generar condiciones de confort durante las horas de baja temperatura exterior como la madrugada.

En cuanto a los ambientes ubicados hacia las diferentes fachadas no se encuentra mayores diferencias, pues las temperaturas son similares, sin embargo a las 13:00, 21:00 y 3:00 se puede apreciar que los ambientes de planta alta poseen siempre valores superiores que los de planta baja, en tanto que a las 7:00 en el caso de los dormitorios sucede lo contrario.

### - Humedad Relativa

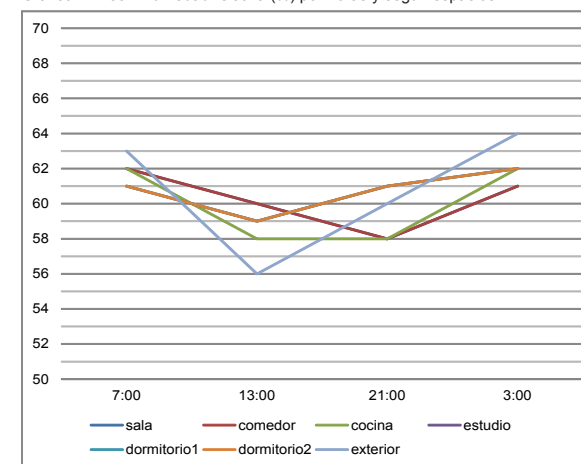
En relación a la humedad relativa, como se puede apreciar en el Gráfico N° 183, los mayores porcentajes al interior se registran a las 7:00 en planta baja y a las 3:00 en planta alta, siendo iguales en ambos casos. Para las 13:00 en todos los espacios la humedad relativa disminuye, para las 21:00 ésta continúa bajando en la sala y comedor, se mantiene igual en la cocina, mientras que en los ambientes de planta alta se incremen-

Gráfico N° 182.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 183.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

ta. Para las 3:00, los valores aumentan en las dos plantas de la vivienda. Con respecto a la humedad relativa exterior, se puede observar que ésta es mayor que la del interior a las 7:00 y 3:00, en tanto que a las 13:00 y 21:00 esto se invierte. La mínima humedad relativa al exterior se registra a las 13:00 y la máxima a las 3:00. Se tiene entonces que la humedad relativa al interior fluctúa entre el 58 y el 62%, teniendo así una diferencia del 4% entre el mínimo y el máximo valor, mientras que al exterior ésta oscila entre el 56 y 64%, con lo cual se tiene una variación mayor en este (8%).

Al igual que con la temperatura, no se distinguen mayores diferencias entre los ambientes ubicados hacia las distintas orientaciones, sin embargo se puede apreciar claramente que existen variaciones entre planta baja y planta alta.

De esta manera, analizando el comportamiento de la temperatura ambiente y la humedad relativa al interior de la vivienda (ver Gráficos N° 182 y 183) se puede concluir que los mayores porcentajes de humedad se corresponden con las menores temperaturas (7:00 y 3:00), en tanto que los menores valores de humedad se pre-

sentan en planta baja a las 21:00, cuando la temperatura es alta pero no la máxima registrada, sin embargo en planta alta las mínimas humedades si se corresponden con las máximas temperaturas (13:00). Igualmente en el exterior las mayores humedades se presentan cuando las temperaturas son mínimas, es decir a las 7:00 y 3:00, mientras que la menor humedad se registra cuando la temperatura es máxima (13:00).

Se puede concluir que con la combinación de estos dos elementos climáticos, el interior de la vivienda se encuentra en condiciones de confort en cada una de las horas analizadas, en tanto que al exterior esto se produce únicamente a las 21:00, ya que en los demás puntos aunque la humedad relativa cuenta con porcentajes ubicados dentro de la zona de confort, la temperatura a las 7:00 y 3:00 es inferior a la mínima establecida como confortable y a las 13:00 es superior al límite máximo del rango de confort.

### - Temperatura Radiante

La envolvente de la vivienda tiene como material predominante el ladrillo macizo enlucido en ambas caras y pintado

de color blanco, en donde se ha obtenido la temperatura en cada fachada.

Es así que se ha podido determinar en la fachada Oeste (ver Gráfico N° 184) la temperatura de la cara exterior de la pared es superior a la del ambiente externo tanto a las 7:00 como 13:00, variando en el primer punto con 2,1°C y en el segundo con 12,1°C, mientras que a las 21:00 y 3:00 son menores los valores registrados en la superficie externa del ladrillo, con 2,6 y 6,6 grados respectivamente.

Realizando una comparación entre las temperaturas registradas en la cara interna y externa de la pared, se tiene que en ésta última a las 7:00 es menor que al interior con 5,6 °C, para las 13:00 en las dos superficies se incrementa la temperatura y en este caso es mayor hacia el exterior con 4°C de diferencia. Nuevamente para las 21:00 la temperatura disminuye en los dos planos y contrario a lo sucedido a las 13:00, es mayor con 2,3°C el valor registrado en la cara interna. Para las 3:00, mientras en el plano interno de la pared la temperatura se incrementa, en el externo continúa disminuyendo, por lo que se mantiene superior en 4 °C el dato obtenido hacia el interior.





## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

En esta misma fachada con respecto a las ventanas, cuyo material es vidrio se ha podido conocer que la temperatura de la superficie externa es superior a la de la interna solamente a las 13:00, teniendo  $1,5^{\circ}\text{C}$  más que al interior, mientras que a las 7:00, 21:00 y 3:00 son menores los datos registrados en la cara externa, siendo la diferencia respectivamente  $2,3^{\circ}\text{C}$   $2,6^{\circ}\text{C}$  y  $1^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a la temperatura ambiente externo, ésta es menor a la registrada en la superficie exterior del vidrio a las 21:00 y 3:00, teniendo una mayor variación en éste último punto, mientras que a las 21:00 son valores similares. De igual manera a las 7:00 las dos temperaturas son bastante próximas en tanto que a las 13:00 difieren considerablemente ( $8,8^{\circ}\text{C}$ ).

Considerando en la misma fachada un tercer material, que es la madera (puerta de madera), se ha podido determinar que ésta en su cara exterior presenta mayores temperaturas que las obtenidas en el ladrillo macizo, a excepción de las 13:00 en donde sucede lo contrario, en tanto que en las superficies interiores a las 7:00, 21:00 y 3:00 son menores los valores registrados en la madera y a las 13:00 son mayores.

Por otra parte, al analizar la fachada orientada al Este (ver Gráfico N°184), se ha podido determinar que para el caso del ladrillo la variación de la temperatura en las diferentes horas presenta el mismo comportamiento que la fachada opuesta, tanto al interior como al exterior.

En este caso los valores son menores que los registrados en la fachada Oeste, especialmente a las 13:00, en donde se tiene una diferencia de  $1,6^{\circ}\text{C}$  en el interior y de  $4,1^{\circ}\text{C}$  en el exterior. Igualmente se puede establecer que con respecto al vidrio, el comportamiento de la temperatura es el mismo que en la fachada Oeste, teniendo en este caso al interior temperaturas bastantes similares, que son menores a las registradas en la fachada opuesta a las 7:00, 21:00 y 3:00, en tanto que a las 3:00 es superior en  $1^{\circ}\text{C}$ . En la superficie exterior a excepción de las 13:00 las temperaturas son mayores que las obtenidas en la fachada Oeste. Con respecto a la temperatura del ambiente exterior, se puede apreciar que ésta se aproxima a la registrada en la cara externa del vidrio, únicamente a las 7:00, mientras que en los demás puntos las diferencias son mayores que en la fachada analizada anteriormente.

En esta fachada se cuenta con una puerta de hierro, en donde se pueden registrar temperaturas similares que con el vidrio, siendo menores para el hierro en el caso de la cara interior a excepción de las 13:00 y mayores hacia el exterior. En este caso las temperaturas de la parte exterior se acercan más a la temperatura ambiente, en comparación con lo sucedido con el vidrio. A las 7:00 y 13:00 son menores las temperaturas de la cara interior que la exterior, con una diferencia de hasta  $5,7^{\circ}\text{C}$  mientras que a las 21:00 y 3:00 sucede lo contrario y se cuenta con una variación de hasta  $1,1^{\circ}\text{C}$ . De igual manera, en la fachada Este se cuenta también con una puerta de madera, en donde si bien las temperaturas son menores a las que se presentan en la orientación Oeste, las variaciones son mínimas y además el comportamiento de la temperatura en el transcurso del día es el mismo.

Por otra parte, en las paredes orientadas Norte y Sur (ver Gráfico N° 184), al encontrarse adosadas a las edificaciones aledañas se han obtenido datos de temperatura únicamente de las superficies internas, obteniéndose como conclusión que no existen diferencias significativas

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

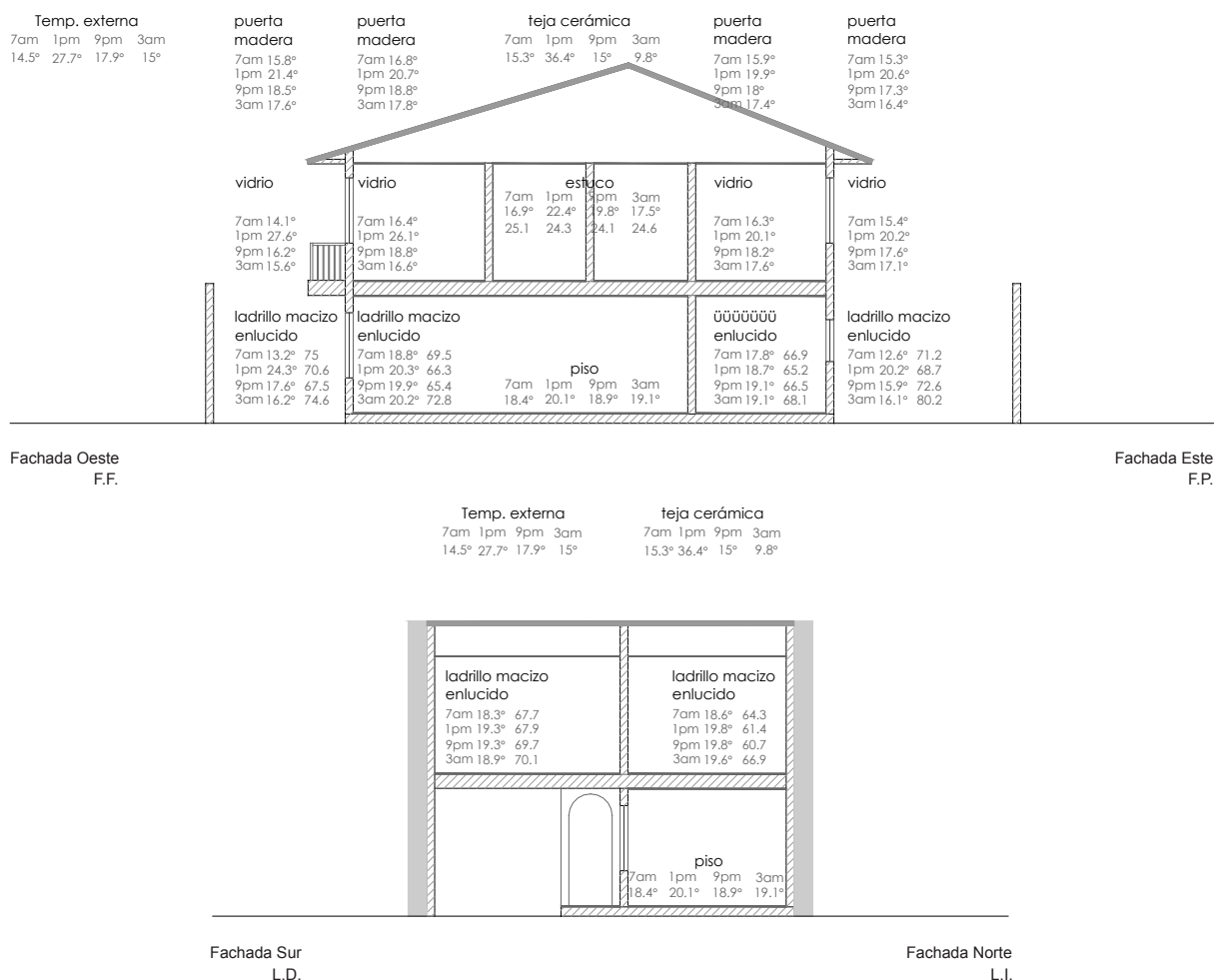
221

en los valores de temperatura, sin embargo es importante destacar que en las fachadas adosadas, la temperatura se mantiene más constante que en las adosadas, es decir no existen mayores variaciones a lo largo del día pues en todas las horas analizadas se encuentran entre los 18,3 y 19,8 grados.

Comparando las dos paredes adosadas, las mayores temperaturas se registran en las dirigidas hacia el Norte, no obstante se tienen diferencias menores a 1°C con respecto a las de orientación opuesta.

Con respecto a la cubierta y al piso, cuyos materiales son respectivamente estuco y madera, se tiene que a las 7:00 la temperatura es mayor en el piso, teniendo 1,5°C de diferencia en relación al cielo raso, mientras que a las 13:00 y 21:00 esto se invierte y son superiores respectivamente con 2,3 y 0,9 grados los valores registrados en el cielo raso. Para las 3:00, nuevamente la temperatura en el piso es superior con 1,6°C a la del cielo raso. En estos dos elementos el menor valor se presenta a las 7:00 y el mayor a las 13:00, teniendo entre estos dos extremos una variación de 1,7°C en el caso del piso y de 5,5 en el cielo raso.

Gráfico N° 184.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

Analizando el recubrimiento exterior de la cubierta, que es teja de cerámica, se puede conocer que tanto a las 7:00 como 13:00 la temperatura de este material es superior a la del ambiente exterior con 0,8 y 8,7 grados respectivamente, en tanto que a las 21:00 y 3:00 es inferior con 2,9 y 5,2 grados. Comparando los valores registrados en la teja y el cielo raso, se puede apreciar que a las 13:00, 21:00 y 3:00 existen mayores diferencias que las encontradas en relación a la temperatura ambiente, particularmente a la 13:00 en donde en el cielo raso se tienen 14°C menos que en la teja, además a las 3:00 se cuenta con una variación importante entre el interior y exterior de la cubierta, siendo ésta de 7,7°C, en tanto que a las 21:00 es de 4,8°C. Sin embargo a las 7:00 se puede notar que la diferencia entre la temperatura de los dos elementos es de únicamente 1,6°C.

Se puede concluir que hacia el interior de la vivienda, las menores temperaturas de la envolvente se registran en el vidrio y el cielo raso a las 7:00 y 3:00, ya que a las 13:00 y 21:00 los valores superan los 17°C, que es la mínima temperatura aceptada como confortable. De igual manera entre las más

bajas temperaturas, se encuentran las obtenidas a las 7:00 en las puertas de madera. En cuanto a los mayores valores, éstos se presentan en las paredes (ladrillo enlucido) y el piso, así como también a las 13:00 y 21:00 en el cielo raso (estuco), vidrio y madera (puerta).

En esta vivienda se ha podido determinar que la mayoría de datos registrados se encuentran dentro del rango de temperaturas establecidas como confortables. Además es importante destacar que el ladrillo enlucido es el material que permite conservar más eficientemente el calor ganado durante el día, ya que a las 3:00 hacia la cara interior se cuentan con temperaturas relativamente elevadas en comparación con los demás materiales de la envolvente.

Por otro lado, se ha podido determinar que la temperatura promedio de las paredes de la envolvente y la del ambiente interno de la vivienda divergen mínimamente en el transcurso del día, teniendo una diferencia de máximo 2,52°C entre los dos valores, de tal manera que se encuentra dentro de lo establecido como confortable. Igualmente con respecto al cielo raso, se puede concluir

que su temperatura se mantiene levemente inferior a la del ambiente tanto a las 7:00 como 21:00, en tanto que a las 13:00 se puede apreciar que es mínimamente superior y únicamente a las 3:00 se presenta una mayor diferencia entre estos dos valores, la cual supera los 2°C, que es el máximo recomendado.

### - Humedad de la Envolvente

Al realizar un análisis de la humedad en el material predominante en la envolvente de la vivienda, que es el ladrillo macizo enlucido, ha sido posible establecer que los datos registrados varían entre 60 y 80 (ver Gráfico N° 184), por lo que este material tanto en las superficies exteriores como interiores de las diferentes fachadas se encuentra en un estado semi seco. Por otra parte se ha podido conocer que en las fachadas Este y Oeste son mayores los valores registrados en la superficie exterior de la pared. En las paredes orientadas al Oeste (ver Gráfico N° 184), la menor humedad en la cara interna se obtiene a las 13:00 (66,3) y en la externa a las 21:00 (74,6), mientras que la mayor se presenta en la superficie interna a las 3:00 y en el externo a las 7:00, siendo respectivamente 72,8 y 75.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

En la fachada Este (ver Gráfico N° 184), se puede apreciar que en relación a la fachada opuesta, los valores disminuyen en el plano interior de la pared a excepción de las 21:00, en donde se registra un incremento de la humedad, pero las diferencias no son significativas, mientras que en el plano exterior la humedad es menor a las 7:00 y 13:00 y mayor a las 21:00 y 3:00. Para este caso la mínima humedad se registra a las 13:00 tanto en la superficie interna como en la externa (65,2 y 68,7 respectivamente) y la máxima a las 3:00 en las dos caras, siendo igual a 68,1 en la interna y 80,2 en la externa.

Con respecto a las fachadas Norte y Sur (ver Gráfico N° 184), al encontrarse adosadas se ha obtenido únicamente la humedad en el plano interno de la pared, pudiendo determinar que ésta es superior en las paredes orientadas al Sur, además se puede concluir que no existen variaciones considerables en relación a los valores registrados en las fachadas aisladas.

Finalmente en cuanto a la cubierta, en el recubrimiento exterior que corresponde a teja cerámica no fue factible realizar las mediciones, sin embargo interiormente, es decir para el estu-

co de yeso se puede concluir que éste se encuentra en una condición muy seca, ya que los datos registrados oscilan entre 20 y 25 (ver Gráfico N° 184).

### B) Comportamiento Acústico:

Con el fin de establecer el nivel de ruido que ingresa a la vivienda, se han realizado cinco mediciones al exterior de ésta, tres en el día y dos en la noche. De esta manera, teniendo en consideración que la normativa para zonas residenciales establece que el sonido no debe ser superior a los 55 dB en el día y a los 45 dB en la noche, se ha podido determinar que únicamente a las 3:00 el nivel de ruido registrado se encuentra dentro de lo permitido, mientras que en las demás horas supera el límite máximo y especialmente a las 18:00 se presenta un valor bastante elevado, pues se aproxima a los 90 dB. (Ver Gráfico N°185).

Al interior de la vivienda como se puede observar en el Gráfico N°186, en la sala y comedor se cumple con la norma únicamente en la noche, ya que a las 3:00 el nivel de sonido es adecuado y a las 21:00 se encuentra dentro del rango de los máximos aceptables, mientras que

durante el día sobrepasa este límite. Para el caso de la cocina y estudio, la mayor parte del tiempo se cuenta con niveles adecuados de sonido a excepción de las 13:00 y 18:00 en la cocina, en donde los valores registrados son superiores aunque mínimamente al máximo permitido. (Ver Gráfico N°187). Finalmente en los dormitorios, como se puede constatar en el Gráfico N°188, predominantemente el nivel de sonido supera los respectivos límites establecidos en la norma tanto en el día como en la noche, ya que solamente a las 8:00 el dormitorio 2 se encuentra en condiciones adecuadas en cuanto al confort acústico.

De manera general se puede concluir que la vivienda se ve afectada de manera considerable por el ruido externo de la zona, ya que en la mayoría de casos el nivel de sonido al interior sobrepasa los valores máximos establecidos en la normativa o como el caso de la cocina y estudio se aproximan a estos límites.

### C) Comportamiento Lumínico:

Durante las mañanas la iluminación natural ingresa a la vivienda por la fachada Posterior (Este), iluminando directamente

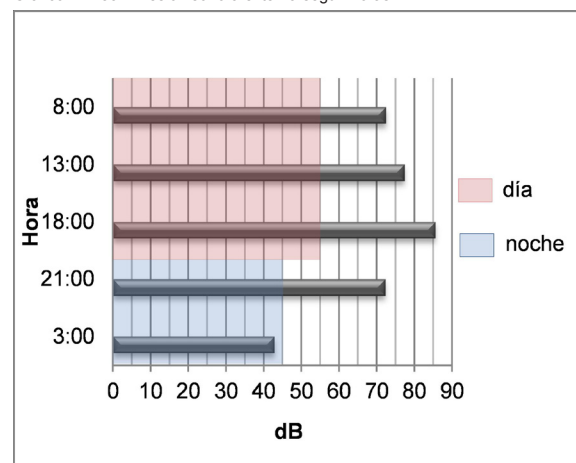


los espacios de cocina y dormitorio 2, teniendo así que los niveles de iluminación tanto en la mañana como en la tarde son superiores a los máximos establecidos en la normativa, siendo esto más significativo en el dormitorio 2 (ver Gráfico N° 189).

Los ambientes que reciben iluminación directa en la tarde son los ubicados hacia la fachada Frontal (Oeste), es decir la sala y dormitorio 1. De estos espacios mencionados en el primero de ellos durante la mañana el valor de iluminación registrado se encuentra entre el óptimo y máximo recomendado en la norma, en tanto que en la tarde sobrepasa significativamente el máximo. En cuanto al dormitorio 1, en ambos momentos del día la iluminación es bastante superior al límite máximo recomendado (ver Gráfico N° 189).

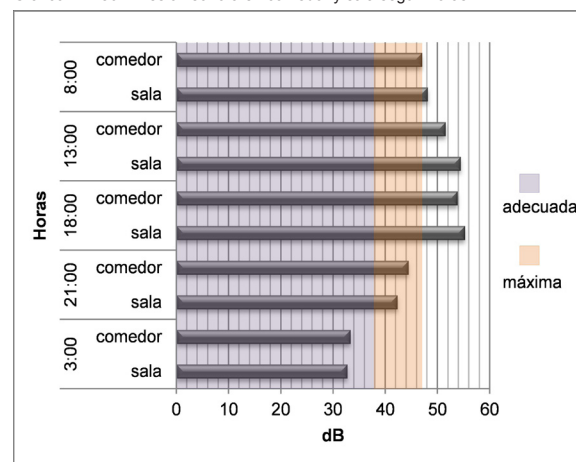
Con respecto al comedor, al iluminarse solamente a través de la ventana de la sala, los niveles de iluminación registrados en la mañana y tarde no cumplen con la normativa, siendo inferiores con 177 lux y 63 lux, respectivamente. En cuanto al estudio, se ha podido determinar que este ambiente no cuenta con una adecuada iluminación natural, teniendo un faltante de aproximadamen-

Gráfico N° 185.- Presión sonora externa según horas



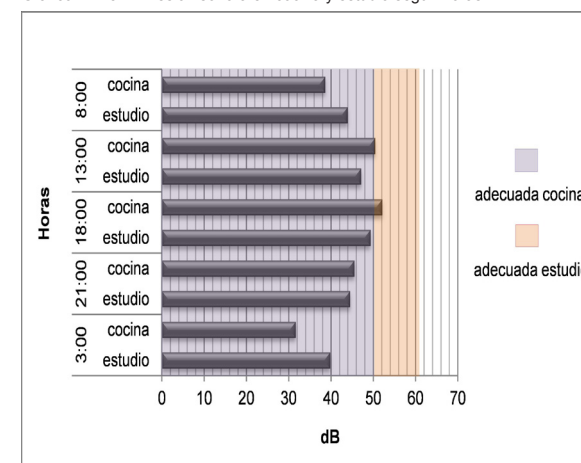
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 186.- Presión sonora en comedor y sala según horas



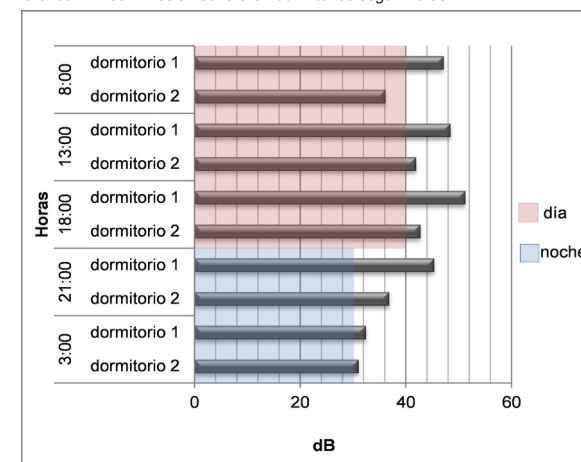
Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 187.- Presión sonora en cocina y estudio según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

Gráfico N° 188.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.



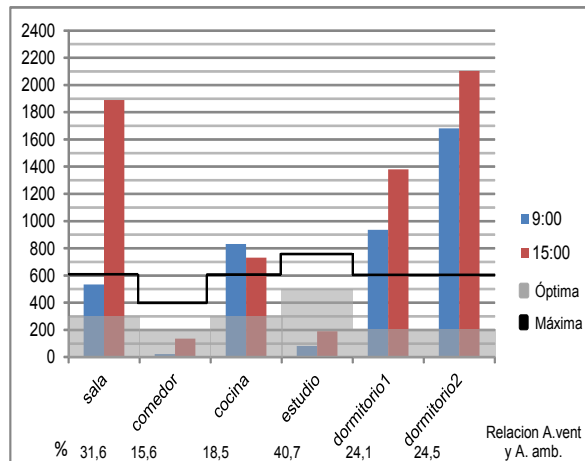
## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

225

te 417 lux en la mañana y de 309 lux en la tarde (ver Gráfico N°189), lo cual se debe a que este espacio no cuenta con iluminación natural directa, sino que la luz ingresa levemente a través de un tragaluz de policarbonato opaco. En conclusión el estudio y comedor presentan niveles de iluminación muy bajos debido a la carencia o insuficiencia en área de ventanas, mientras que en los demás ambientes, especialmente en las tardes se sobrepasan los niveles de iluminación máximos recomendados en la norma, lo cual representa un problema pues pueden generarse deslumbramientos.

Gráfico N° 189.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis.

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.12.- Vivienda N° 12

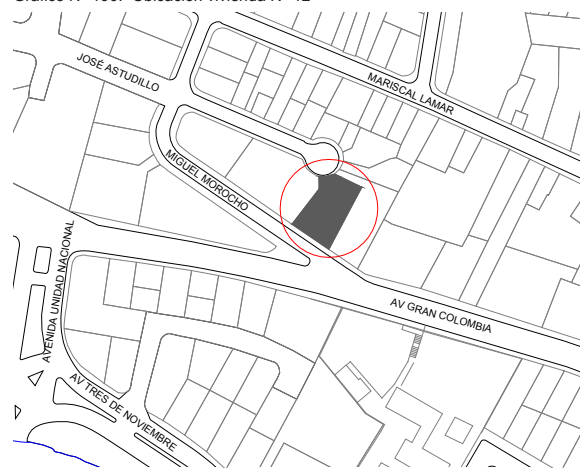
Las mediciones de la vivienda N°12 fueron registradas el 25 de junio de 2011, se encuentra dentro del grupo de viviendas aisladas con una orientación hacia el Noreste y un ángulo de inclinación de 45 grados con respecto al Norte. Se ubica en la calle José Astudillo y Miguel Morocho (sector del Coliseo) como se puede ver en el Gráfico N° 190, la vivienda se encuentra por el frente aldaño a una calle sin retorno por tanto da bajo tráfico vehicular y por la parte posterior junto a una vía de alto flujo vehicular.

La vivienda se sitúa dentro de una zona de carácter residencial hacia el frente de la vivienda y de carácter comercial hacia la zona posterior. Su área de construcción es de 283 m<sup>2</sup> siendo esta de dos plantas.

Entre los espacios considerados para la toma de datos se encuentra en planta baja la *sala* (15.3 m<sup>2</sup>) y *comedor* (19.1 m<sup>2</sup>) hacia la fachada Suroeste y la *cocina* (14.1 m<sup>2</sup>) orientada hacia la fachada Sureste. En planta alta los ambientes medidos son el *dormitorio 1* (20.1 m<sup>2</sup>) ubicado hacia el Suroeste y el *dormitorio 2* (12.6 m<sup>2</sup>) dirigidos hacia el Su-

reste y Suroeste (ver Gráfico N° 191). El material que predomina en las paredes de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo enlucido y pintado, el mismo que consiguen un ancho de 38 cm en todas las paredes de la envolvente a excepción de la fachada posterior (orientada hacia el Suroeste) la cual mide 26 cm. Con respecto al piso este es de madera (duela) en planta baja y alta. El techo es de teja, mientras que hacia el interior su cielo raso es de estuco. Con respecto al exterior de la vivienda, cuenta con jardines en la fachada posterior y piso duro en lo demás.

Gráfico N° 190.- Ubicación vivienda N° 12



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 35.- Fachada Noreste



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 36.- Fachada Suroeste



Fuente: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

227

### A) Comportamiento Higrotérmico:

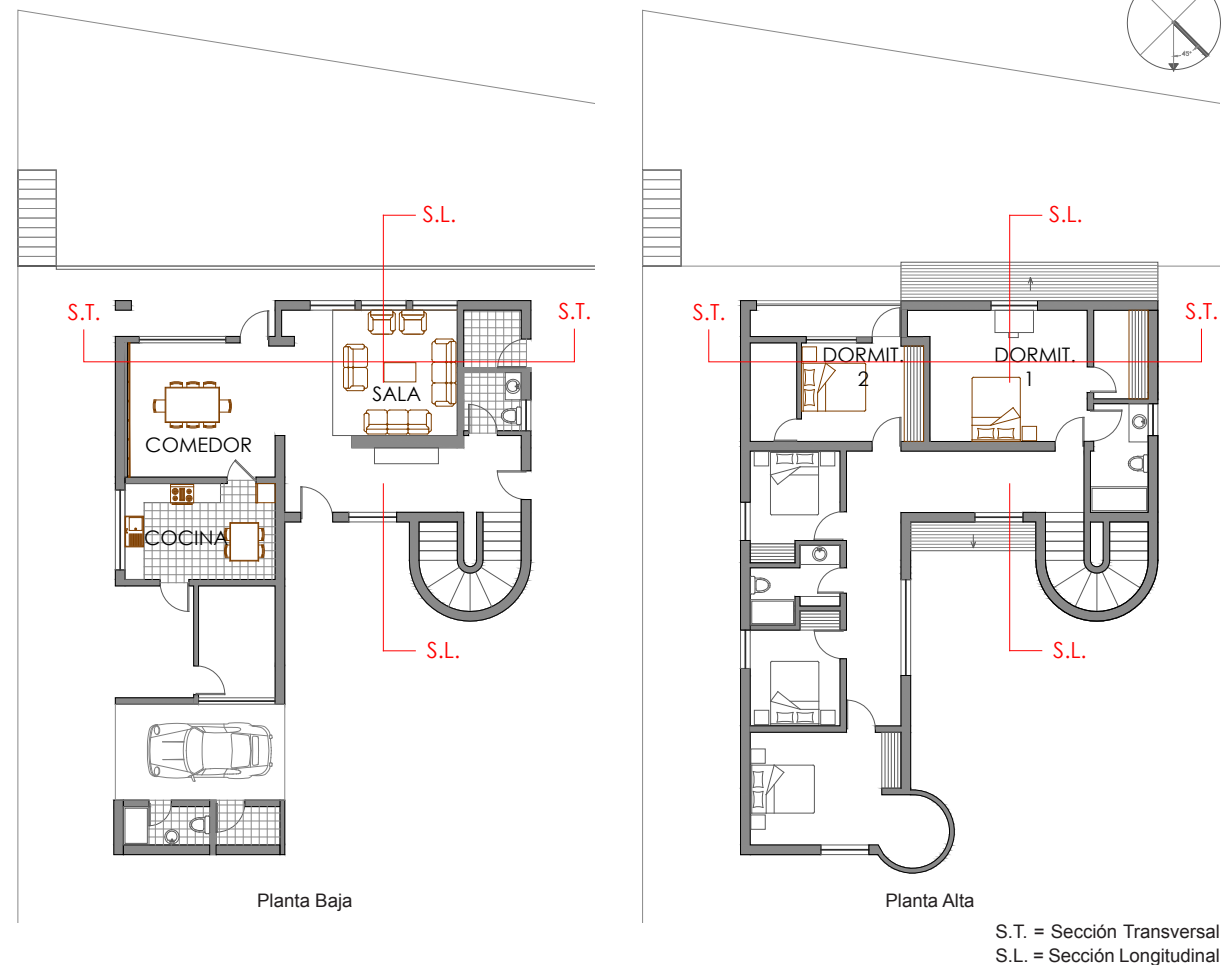
#### - Temperatura Ambiente

En esta vivienda se puede observar que las menores temperaturas se registraron a las 3 am sobretodo en planta alta, sin embargo los datos de las 7 am no difieren mucho de estos. Los mejores resultados fueron registrados a las 13:00, los mismos que se mantienen muy similares a las 21:00 en la sala y comedor, pues en relación a los otros ambientes presentan mayores variaciones, mostrándose un descenso que varía entre los 0.6 hasta 1.7 grados.

De manera general en la Gráfica N° 192 se puede ver que la variación de temperaturas en el interior de la vivienda es de 3°C entre la máxima y mínima registrada. Se debe considerar además que en este día la máxima temperatura externa a penas fue de 17.9 °C a la 13:00 y de 11.6°C la mínima a las 3:00, encontrándose 6.3°C de diferencia entre estas dos. En este caso las temperaturas máximas y mínimas del interior y exterior coinciden en las horas.

Al analizarse las curvas de variación de

Gráfico N° 191.- Plantas arquitectónicas



Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

temperatura ambiente del exterior en relación a las del interior se puede ver que en el primer caso los valores registrados se mantienen bajos a las 7:00, 21:00 y 3:00, mientras que a las 13:00 se invierte, encontrándose una mayor temperatura al exterior a excepción de la cocina. Considerando las variaciones que estas presentan se tiene que a las 7:00 con 14 °C al exterior, al interior se consigue desde 2.3 hasta 3.1 grados más, a las 13:00 se tiene que al interior se registra una menor temperatura que va desde los 0.5 a 0.8 grados en relación al exterior que presento 17.9 grados. A las 21:00 en que la temperatura ambiente externa es de 13 °C al interior se registra de 2.8 a 4.4 grados más. Finalmente a las 3:00, hora en que se ha registrado la mayor variación de grados se obtuvo como resultado que mientras al exterior la temperatura era de 11.6°C hacia el interior se presentaron variaciones que van desde los 3.4 hasta los 5.4 grados.

En general la variación de temperatura al interior de la vivienda se encuentra entre los 15 y 18.1 grados. Con lo que se puede determinar que no en todo momento la vivienda se encuentra dentro del rango de confort pues sobre

todo a las 7:00 en los diferentes ambientes y en algunos a las 21:00 y 3:00 se encuentran fuera del rango de confort.

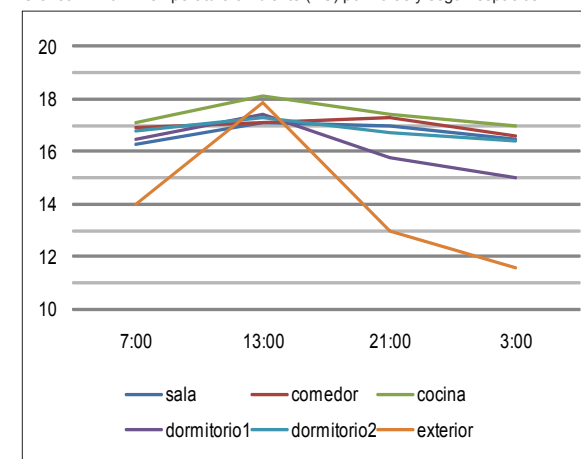
### - Humedad Relativa

Los porcentajes de humedad registrados en el interior de la vivienda son prácticamente similares en las tres primeras horas de registro es decir a las 7:00, 13:00 y 21:00, pasada esta hora su valor aumenta. Es decir entre las 7:00 y 21:00 los rangos de humedad está entre los 62.5 % y 64.5 % después llega a 69%. Sin embargo los rangos de humedad relativa se encuentran dentro de los rangos aceptados (ver Gráfico N° 193).

Además se puede ver que la humedad relativa externa varía, encontrándose un porcentaje máximo a las 3:00 (71 %), la misma que es superior a la registrada al interior y un porcentaje mínimo registrado a las 13:00 (61.5 %), el mismo que presenta valor menor que al interior. A las 7:00 y 21:00 los porcentajes de humedad son similares (66% y 68%).

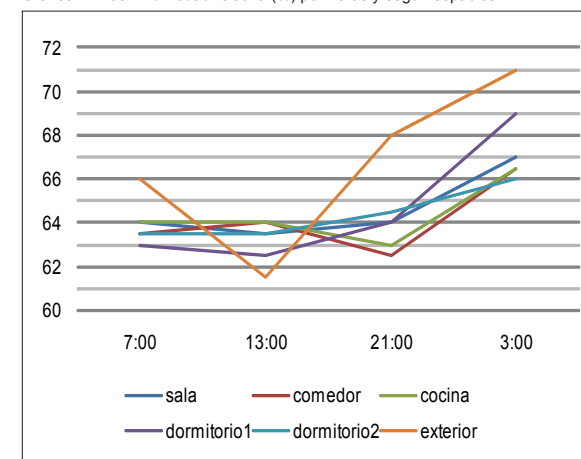
Considerando la temperatura ambiente y la humedad relativa al exterior de la vivienda se puede ver que a menor grado mayor

Gráfico N° 192.- Temperatura ambiente (° C) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

Gráfico N° 193.- Humedad relativa (%) por horas y según espacios



Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

porcentaje de humedad y viceversa, hacia el interior el comportamiento es similar.

### - Temperatura Radiante

El material predominante de la envolvente de la vivienda es el ladrillo macizo, enlucido en ambas caras y pintado, en esta se ha determinado los valores de temperatura y humedad interna y externa de todas las fachadas.

Como se puede apreciar en el Gráfico N°194, con respecto a la temperatura de los materiales se ha determinado que las fachadas orientadas al Noroeste, Noreste y Suroeste mantienen temperaturas más elevadas y similares que la orientada hacia el Sureste. En todos los casos la cara interna de las paredes cuenta con una temperatura mayor que en la cara externa en las diferentes horas de registro. El mayor valor que adquieren estas superficies es a las 13:00 en el exterior, mientras que en el interior las paredes orientadas hacia el Suroeste y Sureste adquieren mejores temperaturas a la misma hora que las del exterior, la pared orientada hacia el Noroeste la mayor temperatura de la cara interna de la pared alcanza a las 21:00 mientras que

la orientada hacia el Noreste a las 7:00. En cuanto a la menor temperatura que las paredes hacia el exterior presentan, en todos los casos es a las 21:00, mientras que al interior esta se da en diferentes horas según la orientación, pues las paredes de la fachada Sureste y Noreste se da a las 21:00, las paredes de la fachada Noroeste a las 13:00, y las paredes de la fachada Suroeste a las 3:00 am.

Por otro lado la diferencia de temperaturas entre la cara externa y la interna, siendo esta última mayor en todos los casos, son las siguientes: a las 7:00 una diferencia 1.6°C (fachada Sureste), 3.3°C (fachada Noroeste), 1.8°C (fachada Suroeste) y 2.6°C (fachada Noreste). A las 13:00 las diferencias son de 1.1, 1.1, 0.8 y 0.7 grados respectivamente. A las 21:00 las diferencias son de 3.2, 4.8, 4.6 y 3.6 grados, finalmente a las 3:00 las diferencias encontradas fueron de 3.6, 3.9, 3.6 y 3.3 grados en el mismo orden.

Además se puede determinar que la temperatura de la cara externa de las paredes se encuentra entre los 11.4 hasta los 15.8 grados. Mientras que en la cara interna la temperatura varía entre los 14 y 16.7 grados.

Con respecto a las ventanas de vidrio, se puede ver que en todas las horas registradas la temperatura en la cara interna de este material se encuentra con mayor número de grados en relación a la cara externa con respecto a las cuatro fachadas. Únicamente en una de ellas (fachadas Sureste) a las 7:00 presentan al interior una menor temperatura que al exterior pero con una mínima diferencia. Por otra parte la mayor temperatura que presenta el vidrio es a las 13:00. Mientras que la menor se registra a las 21:00 en el exterior, en el interior esta es variable en algunos casos es las 7:00, 21:00 y 3:00.

En cuanto a la madera esta se ha encontrado en las puertas de la fachada Noroeste, Suroeste y Noreste siendo esta última la correspondiente a la fachada principal. De estas se ha determinado que la madera de la fachada Suroeste presenta un mejor comportamiento térmico por su orientación. Además que es un buen acumulador de calor pues a pesar de que al exterior la temperatura ambiente es baja, y por ende su cara externa, al interior este difiere en algunos grados siendo mayor la temperatura de la superficie interna, pudiéndose encontrar diferencias entre los 2.°C (fachada

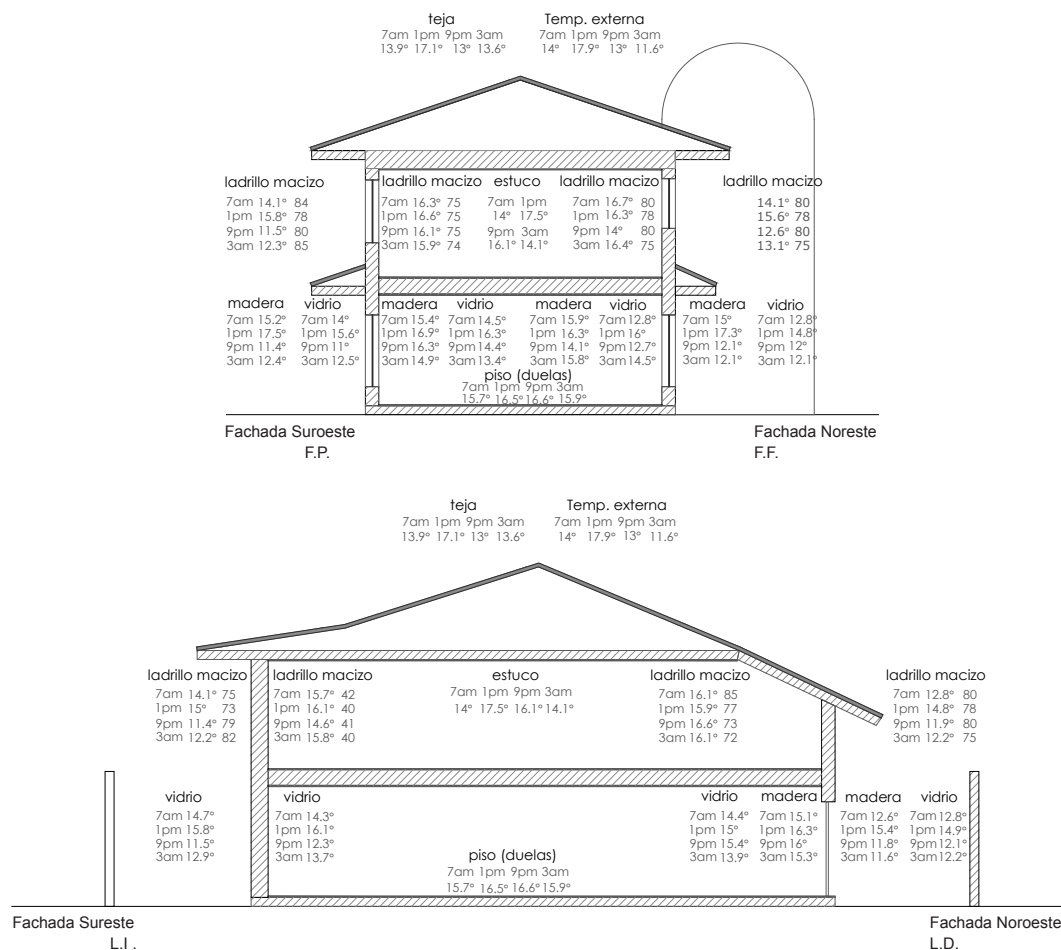


Noroeste), 0.2 (fachada Suroeste) y 0.9 (fachada Noreste) a las 7:00. Las diferencias que se encuentra a las 13:00 es de 0.9, 0.6 y 1 grado respectivamente considerando que en las dos últimas la temperatura de la cara externa es mayor a la interna. A las 21:00 las diferencias son de 4.2, 4.9 y 2 grados al igual que a las 7:00 y 3:00 sus temperaturas en la cara interna son mayores que las registradas en la superficie externa. Finalmente a las 3:00 las diferencias encontradas son de 3.7, 2.5 y 3.7 grados.

Con respecto a la cubierta y al piso se puede ver que las temperaturas más altas se encuentran en el piso de madera (duelas) que en el cielo raso (estuco), obteniéndose temperaturas mejores temperaturas a las 21:00 y 13:00 respectivamente y más bajas a las 7:00 en ambos casos. La diferencia de grados entre los máximos y mínimos del piso es de 0.9 °C y en el cielo raso de 3.5, mostrando una mayor variación este último.

Con respecto a la teja de la cubierta, presenta datos de temperatura menores a las de la temperatura ambiente externa a las 7:00 y 13:00, con diferencia desde 0.1 y 0.8 grados, mientras que a

Gráfico N° 194.- Temperatura radiante y humedad de la envolvente por superficies y según horas (sección longitudinal y transversal)



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

las 21:00 la temperatura de la teja es la misma que la temperatura ambiente y a las 3:00 la temperatura de la teja es mayor con 2°C a la temperatura ambiente.

Considerando la temperatura de la teja y la temperatura del cielo raso las diferencias que se encuentra en estas son las siguientes: a las 7:00 su interior presenta 0.1°C más que al exterior, a las 13:00 0.4°C más, a las 21:00 su interior es mayor con 3.1°C y finalmente a las 3:00 se registra una diferencia de 0.5°C.

Considerando la diferencia de temperaturas entre el promedio de temperatura ambiente al interior de la vivienda y la temperatura ganada por las superficies de la envolvente se tiene que con respecto al ladrillo y a la madera, en las diferentes horas de registro su diferencia no supera los 3°C.

En cuanto al vidrio en la fachada Sureste se ha encontrado que a las 21:00 la diferencia supera los 3°C y de igual manera en la fachada Noreste a las 7:00 y 21:00. En las otras fachadas la diferencia de temperaturas se mantiene por debajo de los 3°C. Finalmente al analizarse con el interior de la cubierta se tiene como resultado que a

las 7:00 y 3:00 los valores superan los 2°C.

### - Humedad de la Envolvente

En cuanto a la humedad presente en la envolvente de la vivienda, se han obtenido valores que de acuerdo a la densidad de cada material permiten determinar si el mismo se encuentra dentro de las siguientes categorías: muy seco, normal seco, semi seco, húmedo, muy húmedo o empapado. De esta manera con respecto al material predominante, que es el ladrillo macizo enlucido, considerando que en todas las fachadas tanto al interior como al exterior los datos registrados se encuentran en un rango de 40 a 85 aproximadamente (ver Gráfico N°194) y con una densidad del ladrillo de 1800 kg/m<sup>3</sup> se puede concluir que el material se encuentra en las categorías de normal – seco, semi – seco y húmedo.

Igualmente se ha podido determinar que a las 13:00, son mayores los valores obtenidos en la cara externa que en la interna. De manera general se ha encontrado que el máximo valor de humedad al exterior se da a las 3:00 en la fachada Sureste y Suroeste y a las 7:00 y 21:00 en las fachadas Noroeste y Noreste. Mientras que el

mínimo valor registrado se da a las 3:00. En la fachada Sureste los datos de las superficies internas se encuentran en la categoría de normal seco, siendo esta la única fachada que consigue esta condición, en cuanto a la cara interna de las fachadas Suroeste y Noreste se encuentran en la categoría de semi – seco, de igual manera en las superficies externas de las fachadas Noroeste y Noreste. En la cara externa de las fachadas Sureste y Suroeste se encuentra en la categoría semi – seco a las 7:00, 13:00 y 21:00 y en la categoría húmedo a las 3:00 (ver Gráfico N°194)

Con respecto a la fachada Suroeste, realizando una comparación con su opuesta (fachada Noreste), los datos registrados son mayores en la cara externa mientras que en la cara interna son menores en relación a la otra fachada (ver Gráfico N°194).

De igual manera se analiza las otras dos fachadas, siendo estas la Sureste y Noroeste y se encuentra que esta última presenta mayores valores tanto en la superficie interna como en la externa (ver Gráfico N°194). Por otra parte, para el caso de la cubierta no se pudo obtener datos.



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

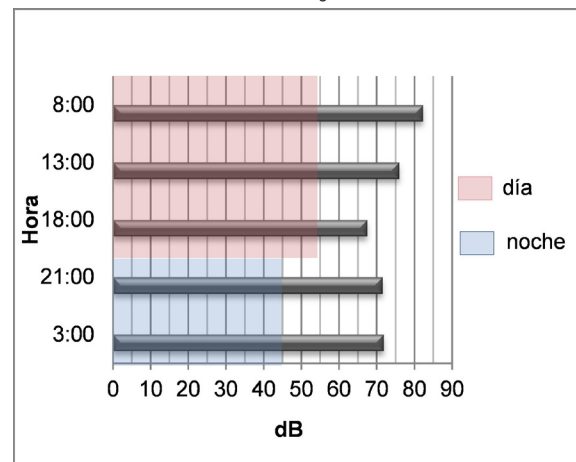
### B) Comportamiento Acústico:

Para determinar el ruido que ingresa al interior de la vivienda se han realizado cinco mediciones al exterior, tres durante el día y 2 durante la noche. Según la normativa en zonas residenciales el sonido no debe exceder de los 55 dB en el día y los 45 dB en la noche, en las mediciones realizadas los resultados obtenidos muestran que esta vivienda presenta graves problemas acústicos pues en todas las horas durante el día y la noche los datos registrados no cumplen la norma llegando hasta valores de 82.2 dB durante el día y 71.8 dB durante la noche perturbando en algunas actividades que se realicen al interior de la vivienda (ver Gráfico N°195).

En los datos tomados al interior de la vivienda de los diferentes ambientes se tiene que en el comedor y sala sobrepasan el rango adecuado de sonido, llegando a los rangos máximos permitidos, a excepción del comedor a las 8:00, 13:00 y 3:00 en que los valores son mayores a lo sugerido, y la sala a las 3:00, ambiente que al no usarse a dicha hora no se convierte en un problema (ver Gráfico N°196).

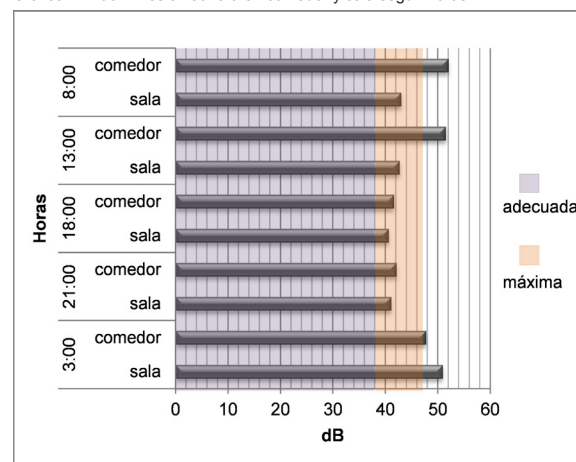
Considerando los valores obtenidos

Gráfico N° 195.- Presión sonora externa según horas



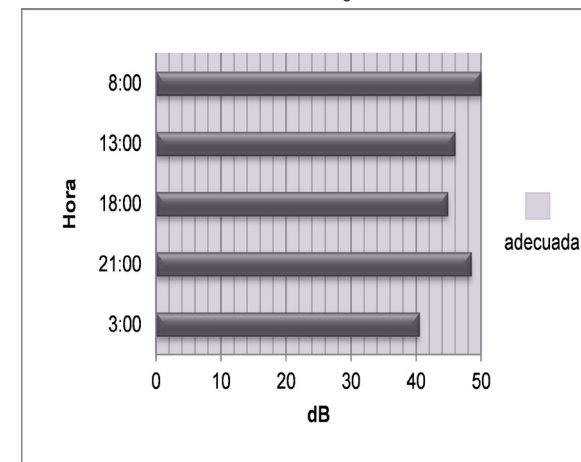
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 196.- Presión sonora en comedor y sala según horas



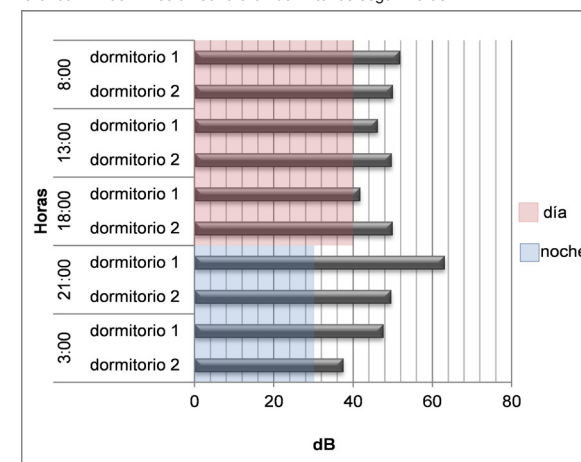
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 197.- Presión sonora en cocina según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 198.- Presión sonora en dormitorios según horas



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

233

en la cocina en todas las horas registradas se han mantenido con un nivel de sonido adecuado. No se ha podido determinar datos del zona de trabajo estudio, pues no existe un espacio específico para ello (ver Gráfico N°197).

Finalmente en los dormitorios, los datos registrados son elevados encontrándose fuera de los niveles de sonido adecuados, pues estos llegan en el día hasta 51.8 dB y en la noche hasta 63.1 volviéndose un problema para un adecuado descanso, pues incluso a las 3:00 se consigue niveles de sonido que llegan a los 47.6 dB (ver Gráfico N°198).

En conclusión el ruido externo que ingresa en la vivienda resulta molesto para la realización de algunas actividades al interior de la vivienda, sobretodo en la noche.

### C) Comportamiento Lumínico:

La vivienda al encontrarse orientado en el eje Suroeste y Noreste, la iluminación natural directa que ingresa por el Este a la cocina no es suficiente obteniéndose como resultado un valor por debajo de la norma recomendada, tal como se puede apreciar en el Grá-

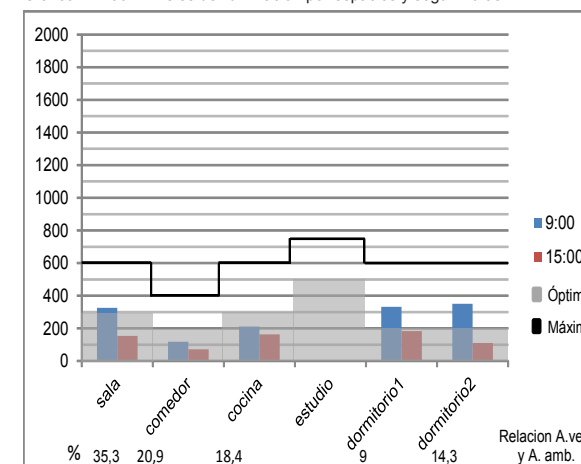
fico N°199, encontrándose un mayor faltante por la tarde que por la mañana (136.25 y 88.1 lux respectivamente).

Con respecto a la iluminación que ingresa por el Oeste a la sala, comedor, dormitorio 1 y dormitorio 2, se ha encontrado que por la mañana existe una mejor iluminación que por la tarde sobretodo en la zona de descanso y la sala, sin embargo por la tarde ninguno de los ambientes mencionados cumple con la norma. En cuanto al comedor, este tampoco cumple con los niveles de iluminación recomendados (ver Gráfico N°199)

En conclusión los ambientes que reciben poca iluminación se debe a que presentan obstáculos arquitectónicos o de tipo vegetal. En ninguno de los ambientes se ha registrado valores de iluminación que sobrepase la norma máxima.

Considerando la relación entre el área de ventanas y el área del ambiente se tiene que los dormitorios no cuentan con el porcentaje mínimo establecido por la Ordenanza de Cuenca.

Gráfico N° 199.- Niveles de iluminación por espacios y según horas



Elaboración: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

### 2.2.2.13.- Conclusiones

Después del análisis realizado a las 12 viviendas de la ciudad de Cuenca se ha podido determinar algunos de los aspectos en que las viviendas presentan un comportamiento adecuado y otros en que no cumplen con las normas nacionales e internacionales debido a diferentes factores que se explicarán a continuación.

- El análisis térmico de las viviendas se lo ha realizado en base a los estudios ejecutados por Nienhuys - Lara en el año de 1982 en que estableció que la temperatura aceptada para edificaciones sobre los 2000 msnm y hasta los 3000 msnm se encuentra entre los 17 y 27 °C. De la muestra de viviendas se ha encontrado que el 75% de los ambientes se encuentran dentro de este límite, sobretodo a las 13:00, sin embargo debido a la percepción y resultados obtenidos se ha llegado a la conclusión de que la temperatura mínima en el interior de las viviendas de Cuenca puede ser mayor a 17 °C, por lo que se ha aplicado la fórmula desarrollada por Auliciems y de Dear, que constituye uno de los estudios más actuales respecto a este tema y es conocido como modelo de neutralidad térmica (Tn) y se basa en

una fórmula de uso genérico que pone en relación la sensación de confort con la temperatura exterior de bulbo seco (temperatura del aire) de la siguiente manera:

$$T_n = 17.6 + (T_{prom} * 0.31)$$

$$Z_c = T_n \pm 2.5^\circ \text{ C}$$

Dónde:

Tn = Temperatura neutra

Tprom = Temperatura promedio exterior de bulbo seco

Zc = Zona de Confort.

Empleando esta fórmula para el caso de la ciudad de Cuenca, en base a la información proporcionada por la Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar se ha obtenido la Temperatura promedio para un período de 33 años (1977-2009), la cual es igual a 16,3 °C. De esta manera, la zona de confort queda delimitada entre los 20 y 25°C. Es así que para el estudio del comportamiento higrotérmico de las viviendas, se ha establecido que los ambientes que cuentan con temperaturas entre los 17 y 27°C se encuentran dentro una temperatura aceptable, no obstante es importante considerar que las temperaturas óptimas que permiten alcan-

zar un bienestar térmico son aquellas que se encuentran entre los 20 y 25 °C.

Aplicando estos resultados algunos de los problemas detectados tienen que ver con la orientación, (ver Tabla N° 38) pues se ha determinado que las viviendas adosadas iguales o mayores a dos pisos y orientadas en el eje Norte – Sur, sus condiciones de confort térmico se mantiene por debajo de los 20 °C (vivienda N° 9), haciéndose necesario el uso de mayor cantidad de vestimenta.

También se ha visto que las viviendas orientadas en este sentido pero de un solo piso, pueden alcanzar temperaturas sobre los 20 grados, captando calor por la cubierta, como es el caso de las viviendas N° 3 y 4.

De igual manera las viviendas aisladas orientadas en sentido Norte – Sur y Este – Oeste pueden obtener temperaturas dentro del rango (viviendas N° 8 y 10), sin embargo en días en que la temperatura externa es baja, la edificación contaría con una mayor cantidad de superficies expuestas a la intemperie como en las viviendas 6 y 12, a diferencia de las viviendas adosadas en



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

235

que sus paredes entre medianeras conservan el calor ganado (Vivienda N° 5).

Finalmente las viviendas adosadas orientadas en el eje Este – Oeste presenta mejores condiciones térmicas sobre todo en esta época correspondiente al invierno. (Vivienda N° 1 y 11).

Si bien se ha podido demostrar que algunas de las viviendas han alcanzado temperaturas sobre los 20°C sobretodo al medio día, otro de los principales problemas es la pérdida de calor que se da con la llegada de la noche y más aún en la madrugada y al amanecer debido a los puentes térmicos identificados principalmente en materiales como el vidrio, aluminio, y zinc. Los mismos que debido a los cambios bruscos de temperatura en el día pueden abrigar a la vivienda de manera inmediata y de igual manera enfriarla, pues se ha visto que en los días de medición las variaciones de temperatura ambiente externa han sido de hasta 18.4 grados la máxima y el promedio de variación diaria de 10.1 grados haciéndose inevitable buscar la manera de mantener constante la temperatura interna.

Considerando la temperatura ambien-

Tabla N° 38.- Temperatura y humedad relativa por horas y según vivienda analizada.

	Temp. prom. Int/ext 7am (°C)		Humedad prom. Int/ext 7am		Temp. prom. Int/ext 1pm (°C)		Humedad prom. Int/ext 1pm		Temp. prom. Int/ext 9pm (°C)		Humedad prom. Int/ext 9pm		Temp. prom. Int/ext 3am (°C)		Humedad prom. Int/ext 3am		Tipo de implantación	Orientación	Angulo (Norte)	Num. pisos	Dif. entre max. y min.
Viv. 1	18	13	63	63	20.3	22	58	56	19.6	17.1	59	62	18.4	15	60	63	adosada	Oeste	295	3	9
Viv. 2	16.4	15.3	61	61	19.4	23	62	58	17.4	15.4	61	60	17	12.9	62	63	aislada	Oeste	299	2	9.9
Viv. 3	18.1	15.9	62	59	20.6	19.9	57	56	19.1	16.1	58	58	16.9	11.4	60	60	adosada	Sur	187	1	8.5
Viv. 4	18.3	13	58	57	20.8	19.1	53	54	20.3	15.7	54	52	19	13	55	63	adosada	Sur	141	1	6.1
Viv. 5	16.7	13	63	59	18.4	17.1	63	65	17.6	15.5	61	63	16.9	12.8	63	65	adosada	Este	100	2	4.3
Viv. 6	15.9	12.2	65	68	17	15.6	65	63	15.9	9.6	64	68	15.5	10.9	63	68	aislada	Sur	176	2	6
Viv. 7	17	13.9	63	65	19.8	25.6	58	55	18.3	13.4	60	63	16.9	11.5	63	65	aislada	Norte	29	3	14.1
Viv. 8	17.2	13.4	60	66	20.3	24.8	58	53	19	13.4	59	62	17.7	9.9	59	66	aislada	Sur	191	2	14.9
Viv. 9	17.1	13.8	60	62	18.5	20.4	60	56	18.6	16.5	60	61	17.6	11.4	61	65	adosada	Sur	160	3	10.5
Viv. 10	16.5	10	64	65	20.2	27.3	61	51	19.2	14.5	62	62	17.7	8.9	-	-	aislada	Oeste	303	2	18.4
Viv. 11	18	14.5	62	63	22.1	27.7	59	56	20.6	17.9	60	60	19.7	15	62	64	adosada	Oeste	267	2	13.2
Viv. 12	16.7	14	64	66	17.4	17.9	64	61.5	16.8	13	64	68	16.3	11.6	67	71	aislada	Este	45	2	6.3
Promedio (adosada)	17.7	13.9	61	60.5	20.1	21	58.3	57.2	19.3	16.5	58.7	59.3	18.1	13.1	60.2	63.3					
Promedio (aislada)	16.6	13.1	62.8	65.2	19	22.4	61.3	56.9	17.8	13.2	61.7	63.8	16.9	11	62.8	66.6					

Elaboración: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

te al interior de las viviendas se ha determinado que tanto en las edificaciones adosadas como aisladas la mayor temperatura se alcanza a las 13:00 y la menor temperatura se alcanza entre las 3:00 y 7:00. Por otra parte, de las horas en las cuales se realizaron las mediciones, a la 13:00 es el único momento en el que generalmente la temperatura interna es menor que la externa.

En el análisis de la humedad relativa no se ha encontrado mayores inconvenientes pues estos de manera general se encuentran dentro de lo normado, pues se conserva en un rango promedio que va desde el 57% hasta el 63%. Los porcentajes más altos generalmente se han detectado en los ambientes de las viviendas que se encuentran próximos a la vegetación, lo cual requiere de atención pues si bien el ambiente se carga de mayor humedad, por las temperaturas que alcanza la ciudad no se detecta mayor problema para el confort de las personas, sin embargo en cuanto al elemento que transmite la humedad del exterior al interior, si puede verse afectado pues el agua es un conductor por lo que las fugas térmicas aumentarían, produciéndose mayores pérdidas de calor así

Tabla N° 39.- Temperatura radiante promedio (paredes y ventanas) por horas y según vivienda analizada

	Prom. temp. paredes Int/ext 7am ( °C )		Prom temp paredes Int/ext 1pm ( °C )		Prom. Temp. paredes Int/ext 9pm ( °C )		Prom. Temp. paredes Int/ext 3am ( °C )		TProm. temp. ventanas Int/ext 7am ( °C )		Prom temp ventanas Int/ext 1pm ( °C )		Prom. temp. ventanas Int/ext 9pm ( °C )		Prom. temp. ventanas Int/ext 3am ( °C )	
Viv. 1	16.9	12.8	18.7	20	19.1	15.7	19	15.1	14	12.8	20.3	21	15.9	14.9	16.2	15.3
Viv. 2	14.7	13	13.9	21.2	17.1	15.4	15.8	13.2	14.7	13.7	21.2	22.9	14.4	13.5	13.1	11.4
Viv. 3	17.2	15.4	19.1	19.7	19.1	16.2	16.6	13.4	16.8	14.6	19.2	21.2	16	14.7	13.2	12.1
Viv. 4	19.4	16.2	20.5	20.2	20.4	18.5	19	16.3	17	15.9	21	19.6	18.9	17.3	16.8	15.5
Viv. 5	15.8	13	18	17.5	17	13.3	16.2	13.6	14.7	13.8	16.6	15.2	14.35	13	14.2	13.3
Viv. 6	14.6	12.4	16	14.6	15.5	11.5	14.9	11.5	13	11.9	16.3	15.3	12.1	11.2	12.5	12.3
Viv. 7	15.2	12	17	18.1	17.3	15.35	16.5	12.7	19.8	13.5	22.8	22.9	14.35	12.2	13	9.6
Viv. 8	15.1	12.3	18.6	19.5	18.9	14.3	16.9	11.1	14.3	12.9	22.4	23.5	15.2	13.2	12.4	11.1
Viv. 9	16.4	12.7	17	18	17.1	15.8	17	11.9	15	14.5	19.6	18.9	16.5	15.3	14.1	12.3
Viv. 10	16.6	11.7	14.3	17.5	18.5	15.8	-	-	13.4	12.1	19.3	21	15.8	14.8	-	-
Viv. 11	18.4	12.9	19.5	22.3	19.5	16.8	19.5	16.2	16.4	14.8	23.1	22.3	18.5	16.9	17.1	16.4
Viv. 12	16.2	13.8	16.2	15.3	15.3	11.9	19	12.45	15	13.6	15.9	15.3	13.7	11.7	13.9	12.4
Promedio (adosada)	17.4	13.8	18.8	19.6	18.7	16.1	17.9	14.4	15.7	14.4	20	19.7	16.7	15.4	15.3	14.2
Promedio (aislada)	15.4	12.5	16	17.7	17.1	14.1	16.6	12.2	15	13	19.7	20.2	14.3	12.8	13	11.3
Promedio Total	16.4	13.2	17.4	18.7	17.9	15.1	17.3	13.4	15.3	13.7	19.8	19.9	15.5	14.1	14.2	12.9

Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

237

como también el deterioro del material.

- Con respecto a la temperatura radiante (ver Tabla N° 39) que hace referencia a la temperatura de los materiales de la vivienda, se ha podido identificar que las viviendas aisladas presentan un promedio de temperatura de las paredes menor que en las superficies de las paredes de las viviendas adosadas, las mismas que pueden deberse a que en el primer caso, estas presentan un mayor número de superficies expuestas a la intemperie de las cuales únicamente la mitad pudieran recibir soleamiento.

Al igual que la temperatura ambiente, la temperatura registrada en las superficies de la envolvente de las viviendas presenta un mayor valor al exterior que al interior alrededor de las 13:00 siendo este el momento de mayores ganancias caloríficas. Igualmente en los dos tipos de implantaciones tanto a las 7:00 como 3:00 se registran las menores temperaturas en las paredes de la envolvente.

Por otra parte al analizar cada elemento de la envolvente de cada vivienda siendo estos: las paredes de ladrillo o bloque, ventanas de vidrio, puertas de aluminio,

Tabla N° 40.- Temperatura radiante promedio (puertas y cubierta) por horas y según vivienda analizada

	Prom. temp. puertas Int/ext 7 am ( °C )		Prom. temp. puertas Int/ext 1 pm ( °C )		Prom. temp. puertas Int/ext 9 pm ( °C )		Prom. temp. puertas Int/ext 3 am ( °C )		Prom. temp. cubierta Int/ext 7 am ( °C )		Prom. temp. cubierta Int/ext 1 pm ( °C )		Prom. temp. cubierta Int/ext 9 pm ( °C )		Prom. temp. cubierta Int/ext 3 am ( °C )	
Viv. 1	15.3	13.8	20.2	22.7	16.7	15.9	17	15.4	17	13.3	20.3	23.3	18.2	9.3	17.6	9.8
Viv. 2	14.8	14.4	17.8	24.5	16	14.8	13.8	12.8	14.3	11.4	18.2	35.1	15.7	10.4	15.2	9.6
Viv. 3	17.3	16.6	20.6	19.6	17.1	16.2	15.3	13.1	16.7	12.8	20.6	38.6	16.8	11.4	13.4	8.5
Viv. 4	16.9	13.7	20.5	20.1	18.4	16.1	17.1	13.1	16.8	13.2	21.3	18.4	18.8	11.5	16.3	8.4
Viv. 5	15.3	14.9	16.4	16.2	14.7	13.1	14.7	13.3	14.1	-	18.2	-	16.3	-	15	-
Viv. 6	14.4	13.1	16.8	15.4	14	11.3	13.8	11.4	13.6	11.9	15.4	14.6	13.6	11.6	13.8	11.5
Viv. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	14.8	11.1	19.6	35.6	17	5.8	15.2	5.5
Viv. 8	14.9	13.3	19.7	19.4	18	14.8	16.3	11.3	16.2	12.2	19.7	23.5	19.2	11.4	17.1	10.4
Viv. 9	16.5	13.8	19.1	20.2	17	15.7	16.2	12.6	16	16.9	21.4	27.1	17.4	16.2	14.8	9.5
Viv. 10	-	13	19.5	21	16.8	16.1	-	-	15.3	6.4	19.8	40.7	18.6	5.6	-	-
Viv. 11	16.4	15.6	20.3	21	18.4	17.9	17.6	17	16.9	15.3	22.4	36.4	19.8	15	17.5	9.8
Viv. 12	15.5	14.3	16.5	16.7	15.5	11.8	15.3	12	14	13.9	17.5	17.1	16.1	13	14.1	13.6
Promedio Total	15.7	14.2	18.9	19.7	16.6	14.9	15.7	12	15.5	12.6	19.5	28.2	17.3	11	15.5	9.7

Elaboracion: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

hierro o madera y cubierta de zinc o teja se tiene que las mayores fugas térmicas se dan por las ventanas pues estas mantienen la temperatura interna similar a la del exterior, sin embargo también son las fuentes de captación de calor de la vivienda por lo que la abertura de estas debe realizarse adecuadamente.

Otro de los elementos identificados son las puertas (ver Tabla N° 40), en donde no existe mayor diferencia entre la temperatura externa e interna registrada, principalmente en las puertas realizadas en hierro o aluminio, pues presentan una alta conductividad térmica. De igual manera no existen mayores divergencias en función de la implantación de la vivienda, es decir entre una adosada y una aislada.

En ocasiones las cubiertas también se pueden convertir en elementos que permiten las fugas térmicas, sin embargo en las viviendas registradas no se da esto pues al ser cubiertas de teja estas presentan una cámara de aire entre la teja del exterior y el estucado al interior. Únicamente en una de las viviendas en donde no existe esta cámara de aire la diferencia de temperatura de la cubierta al interior

y exterior no varía significativamente.

Por otra parte al analizar la diferencia de temperaturas interna existente entre la temperatura promedio ambiente y la temperatura promedio de las paredes, estas no superan los 3°C lo cual es un buen indicador, pues de esta manera se conoce que se puede obtener un adecuado confort térmico.

Si bien en muchos de los casos la vivienda logra ganar calor, uno de los principales problemas que se ha detectado es la falta de captadores para almacenarla, haciendo necesario además el uso de aislantes térmicos que permitan mantener por más tiempo una temperatura constante. Además considerando que los materiales emiten la radiación ganada durante el día por unas cuantas horas, se ve necesario que la zona de descanso se oriente hacia el Oeste para que el calor ganado durante la tarde emita durante la noche y mantenga este espacio con un confort adecuado.

-En el análisis realizado a las viviendas en cuanto a la humedad del material principal de la envolvente (ver Tabla N° 41), siendo estas las paredes, se tiene

Tabla N° 41.- Humedad de la envolvente por horas y según vivienda analizada

	Prom. humedad. paredes Int/ext 7 am		Prom. humedad. paredes Int/ext 13 pm		Prom. humedad. paredes Int/ext 9 pm		Prom. humedad. paredes Int/ext 3 am	
Viv. 1	79.5	80	75.3	79	79.3	81.5	88.5	84.5
Viv. 2	87.3	103.7	90.6	100.4	90.6	105.4	88.3	101.5
Viv. 3	68.6	70.6	72.3	67.9	74.7	80.95	73.3	64.4
Viv. 4	76.3	83.5	75.7	80	72.9	80.3	77.6	77.5
Viv. 5	76.3	74.3	74.9	82.3	77	81	77.1	81
Viv. 6	87	81.8	86.3	82	86.3	81.5	89.5	85.5
Viv. 7	75.3	82.3	73.3	80.7	77.8	85.8	77.1	88
Viv. 8	48.3	45.8	43.5	39.5	43.5	67.4	41	38.5
Viv. 9	88.8	69.5	84.8	89.5	89.5	63.5	83.9	90.5
Viv. 10	60.7	57.1	58.8	52.7	60.9	49.8	-	-
Viv. 11	67.1	73.1	65.2	69.7	65.6	70.1	69.5	77.4
Viv. 12	72	79.3	69.5	78	68.3	78.5	66.8	81.5
Promedio Total	73.9	75.1	72.5	75.1	73.9	77.1	75.7	72.5

Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

239

que el promedio del indicador de humedad al interior de las viviendas se encuentra entre el rango de 72 a 76, lo cual al compararlo con la tabla de indicadores y según la densidad del ladrillo que es de  $1800 \text{ kg/m}^3$  se tiene como resultado que el material se encuentra semi – seco. Igualmente en la cara exterior de la pared la humedad se encuentra entre 72 y 77, por lo que también corresponde a la categoría de semi-seco.

La humedad en los materiales influyen en la conductividad térmica acelerando este proceso, ya que el agua es mayor conductor que el aire, de tal manera que las pérdidas de calor a través de una envolvente que se encuentra más húmeda serán mayores. Esto se puede evidenciar en la Tabla N° 42, en donde las viviendas N° 2, 6 y 9 generalmente cuentan con un mayor contenido de humedad en las paredes, lo cual en la mayoría de los casos se corresponde con las menores temperaturas ambiente al interior. Es así que se ha podido determinar que la humedad puede causar importante pérdidas de calor y disminuir las condiciones de confort al interior de la vivienda. Por otra parte al no tener diferencias significativas el rango identificado en las vi-

Tabla N° 42.- Humedad promedio en paredes y Temperatura ambiente promedio por horas y según vivienda analizada

	Prom.Humedad Paredes Int y Ext 7 am	Prom. Temp. Ambiente Interior. 7 am ( °C )	Prom.Humedad Paredes Int y Ext 1 pm	Prom. Temp. Ambiente Interior. 1 pm ( °C )	Prom.Humedad Paredes Int y Ext 9 pm	Prom. Temp. Ambiente Interior. 9 pm ( °C )	Prom.Humedad Paredes Int y Ext 3 am	Prom. Temp. Ambiente Interior. 3 am ( °C )
Viv. 1	79,75	18	77,15	20.3	80,40	19.6	86,50	18.4
Viv. 2	<b>95,50</b>	<b>16.4</b>	<b>95,50</b>	<b>19.4</b>	<b>98,00</b>	<b>17.4</b>	<b>94,90</b>	<b>17</b>
Viv. 3	69,60	18.1	70,10	20.6	77,83	19.1	68,85	16.9
Viv. 4	79,90	18.3	77,85	20.8	76,60	20.3	77,55	19
Viv. 5	75,30	16.7	78,60	18.4	79,00	17.6	79,05	16.9
Viv. 6	<b>84,40</b>	<b>15.9</b>	<b>84,15</b>	<b>17</b>	<b>83,90</b>	<b>15.9</b>	<b>87,50</b>	<b>15.5</b>
Viv. 7	78,80	17	77,00	19.8	81,80	18.3	82,55	16.9
Viv. 8	47,05	17.2	41,50	20.3	55,45	19	39,75	17.7
Viv. 9	<b>79,15</b>	<b>17.1</b>	<b>87,15</b>	<b>18.5</b>	<b>76,50</b>	<b>18.6</b>	<b>87,20</b>	<b>17.6</b>
Viv. 10	58,90	16.5	55,75	20.2	55,35	19.2	-	17.7
Viv. 11	70,10	18	67,45	22.1	67,85	20.6	73,45	19.7
Viv. 12	75,65	16.7	73,75	17.4	73,40	16.8	74,15	16.3

Elaboracion: Grupo de Tesis





## II CAPÍTULO

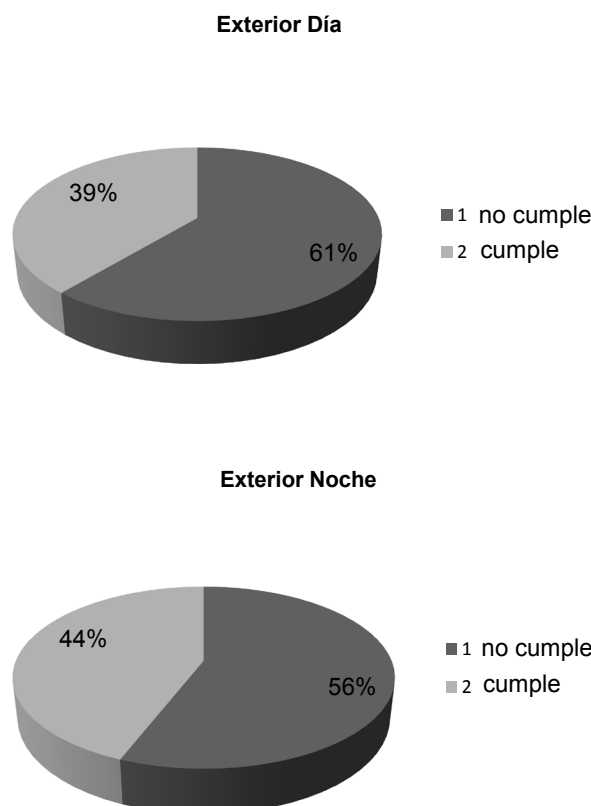
## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

viendas no se ha identificado los valores por separado de las viviendas adosadas y aisladas, sin embargo una vivienda aislada tiene mayor contacto con el exterior por tanto la protección contra la humedad debe ser mayor que en el otro caso.

-Con respecto al confort acústico (ver Gráfico N° 200), en el análisis realizado a las 12 viviendas en la ciudad de Cuenca se ha encontrado que en las zonas externas inmediatas a las viviendas sobrepasan la norma tanto en el día (61%) como en la noche (56%).

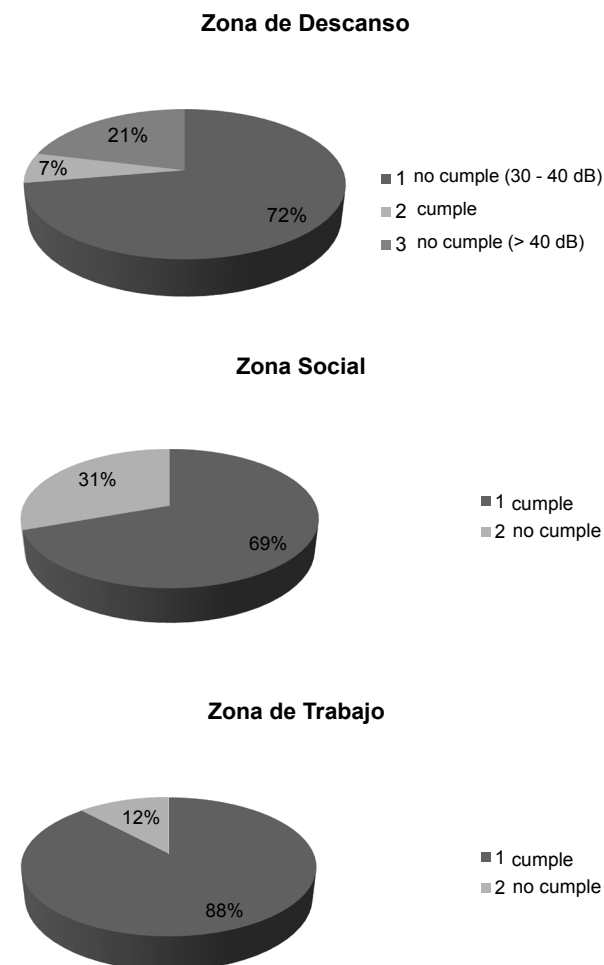
En cuanto al interior de las mismas se ha determinado que en la zona de descanso durante las noches el 93% de la muestra no cumple con lo establecido en la norma, sin embargo de este porcentaje se ha identificado el 72% presenta niveles de sonido que se encuentran entre los 30 y 40 dB y el 21% sobrepasa los 40 dB, es decir el porcentaje de un adecuado ambiente para esta actividad es muy bajo. (ver Gráfico N° 201) Con respecto a la zona social al analizarse los resultados obtenidos durante el día, se ha encontrado que el 69% de la muestra cumple con la norma establecida frente a un 31% que no lo hace. Fi

Gráfico N° 200.- Pcentaje de viviendas por horarios y según cumplimiento de la norma acústica



Elaboracion: Grupo de Tesis

Gráfico N° 201.- Pcentaje de viviendas por zonas y según cumplimiento de la norma acústica



Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

241

nalmente en la zona de trabajo se ha determinado que únicamente el 12% de la muestra tomada no cumple con la norma.(ver Gráfico N° 201)

En conclusión la zona de descanso es el espacio más afectado, lo cual demanda de una mayor atención en dicho aspecto.

Por otra parte como se puede apreciar en la Tabla N° 43, se ha podido determinar que en aquellas viviendas cuyo frente se encuentra hacia una vía arterial o colectora (vivienda N° 3, 5, 11 y 12) los niveles de ruido registrados al interior de la edificación se encuentran entre los 40 y 50 dB y en el exterior se alcanza hasta 80 dB, en tanto que en las que cuentan con frente a una vía local, la presión sonora predominantemente se encuentra entre 30 y 40 dB al interior, mientras que al exterior en la mayoría de los casos el ruido se mantiene inferior a 50 dB, a excepción de las 18:00 en donde se aproxima a 70 dB en dos de las viviendas analizadas.

-En cuanto al confort lumínico como se puede apreciar en el Gráfico N°202 se ha encontrado que en la zona de descanso el 39% de la muestra de viviendas dispone de una adecuada ilu-

Tabla N° 43.- Presión sonora promedio interior y exterior por horas y según ubicación (en función de la jerarquía de la vía) de la vivienda analizada

	Prom. Sonido Interior 8am (dB)	Sonido Exterior 8am (dB)	Prom. Sonido Interior 1pm (dB)	Sonido Exterior 1pm (dB)	Prom. Sonido Interior 6pm (dB)	Sonido Exterior 6pm (dB)	Prom. Sonido Interior 9pm (dB)	Sonido Exterior 9pm (dB)	Prom. Sonido Interior 3am (dB)	Sonido Exterior 3am (dB)	Ubicación en función de la jerarquía de la vía
Viv. 1	39,15	56,00	37,22	50,00	40,06	56,20	35,73	45,70	32,01	48,70	Vía Local
Viv. 2	30,97	41,70	31,67	45,10	34,92	49,40	33,78	46,30	32,02	41,40	Vía Local
Viv. 3	40,44	74,00	43,28	64,30	46,00	62,20	44,72	61,60	36,50	55,50	Vía Colectora
Viv. 4	37,28	32,90	36,42	33,60	36,83	32,20	37,28	37,60	30,60	29,70	Vía Local
Viv. 5	47,25	61,90	48,48	64,40	46,40	66,50	43,52	65,00	34,60	36,90	Vía Colectora
Viv. 6	34,85	46,70	35,37	49,70	33,47	43,30	36,48	45,50	30,72	39,60	Vía Local
Viv. 7	51,15	75,70	58,60	83,60	51,68	74,10	51,07	71,30	38,07	40,20	Vía Arterial
Viv. 8	39,28	59,00	38,98	61,90	38,28	57,50	37,97	61,20	32,08	34,50	Vía Local
Viv. 9	33,95	43,50	33,57	41,30	38,75	63,40	34,02	40,50	31,28	42,50	Vía Local
Viv. 10	33,97	49,80	37,42	51,30	50,10	67,50	33,40	48,40	-	-	Vía Local
Viv. 11	43,47	72,40	48,95	77,30	50,72	85,50	43,13	72,20	33,47	42,80	Vía Colectora
Viv. 12	49,36	82,20	47,22	75,90	43,76	67,40	48,88	71,50	44,84	71,80	Vía Arterial

Elaboración: Grupo de Tesis



## II CAPÍTULO

## ESTUDIO DE VIVIENDAS EN CUENCA

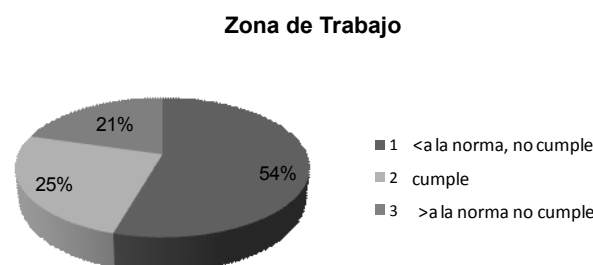
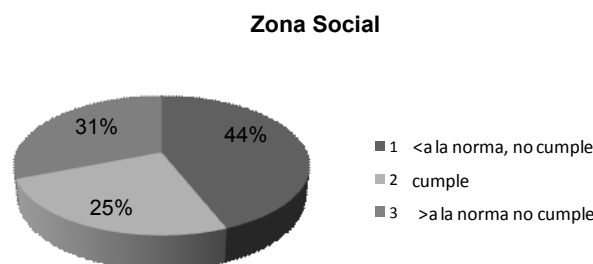
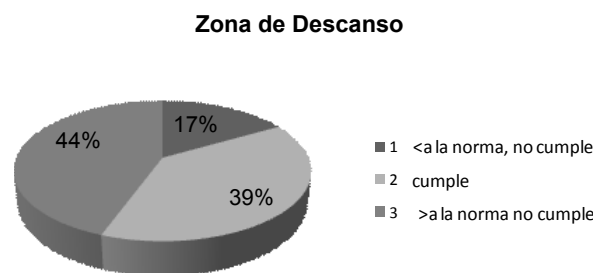
minación, el 44% presenta una iluminación mayor a la que se requiere, la misma que puede ser controlado mediante elementos difusores, únicamente el 12% no responde apropiadamente.

Por otro lado el análisis de la zona social el 31% de la muestra presenta niveles de iluminación que superan lo indicado en las normas, el 25% se encuentra dentro de la iluminación óptima y el 44% presenta deficiencias de iluminación.

Finalmente considerando la zona de trabajo se ha determinado que más de la mitad de los ambientes analizados presentan una iluminación no adecuada.

Esta investigación ha permitido conocer los principales problemas que se presentan en las viviendas de la ciudad de Cuenca, lo cual permitirá establecer una serie de criterios bioclimáticos, con el fin de alcanzar el confort medioambiental en las viviendas, sobretodo en cuanto al aspecto térmico (temperatura ambiente interior y humedad de los materiales) y acústico se refiere, pues han sido los dos aspectos en donde mayores problemas se han identificado.

Gráfico N° 202.- Porcentaje de viviendas por zonas y según cumplimiento de la norma lumínica



Elaboración: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

243

### 2.3.- Criterios Bioclimáticos

#### 2.3.1.- Conocimiento general de las características climáticas de la ciudad

■ Período comprendido entre finales de Mayo y Septiembre:

Corresponde con las menores temperaturas que oscilan entre los 13 y 17 °C (período frío), disminución del porcentaje de humedad relativa que varía entre el 55 y 70% y las menores precipitaciones que se encuentran entre 0 y 100 mm/m<sup>2</sup> (período seco). (Ver Gráfico N° 203)

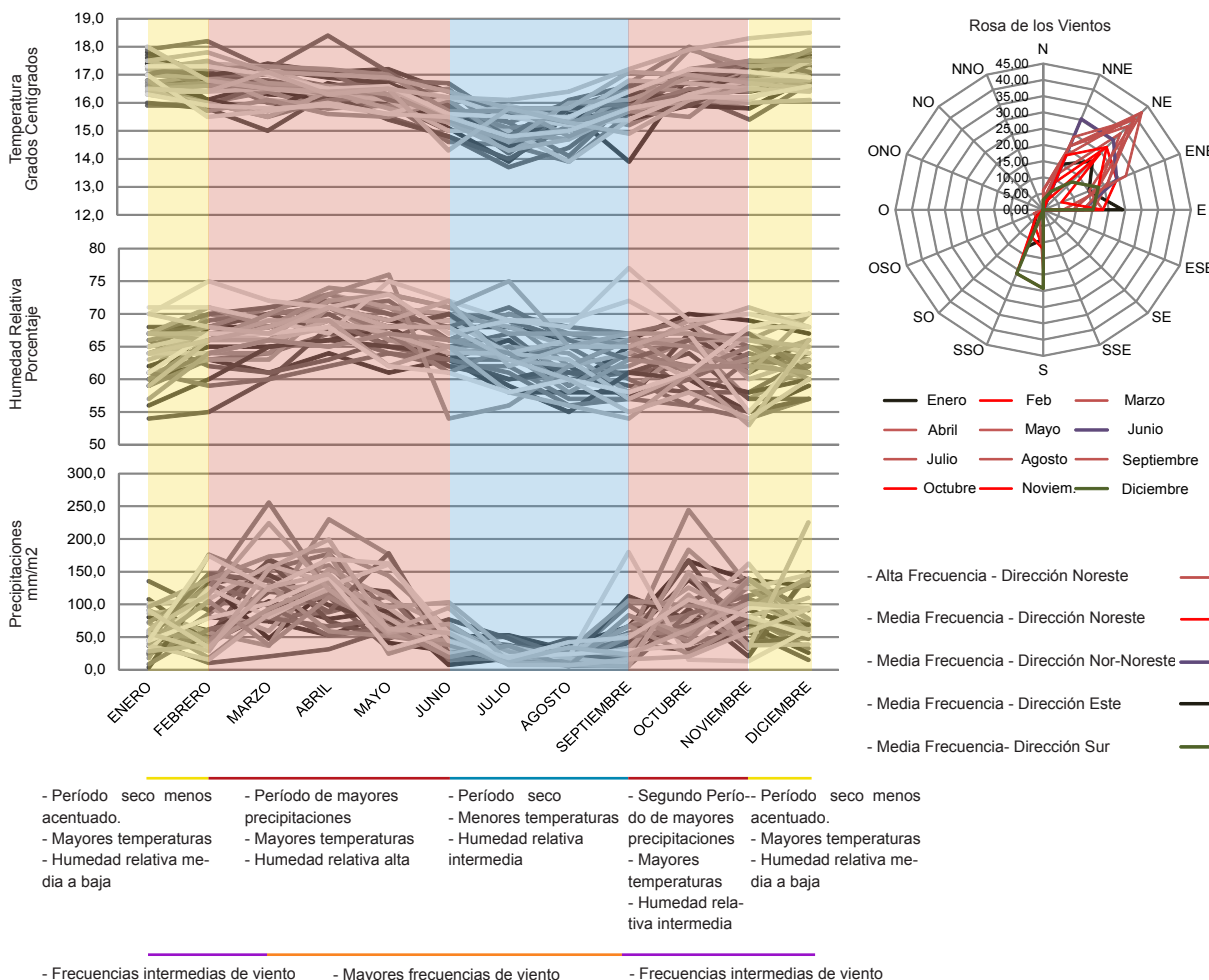
■ Período comprendido entre Diciembre y Enero:

Segunda estación seca menos acentuada con precipitaciones que oscilan entre 10 y 150 mm/m<sup>2</sup>, coincidente con los meses de temperaturas más altas que varían entre 16 y 18 °C y niveles de humedad relativa intermedio a bajo que se encuentran entre el 58 y 68 %. (Ver Gráfico N° 203)

■ Período comprendido entre Octubre y finales de Mayo:

Epoca en que las temperaturas comienzan a descender y ascender respectivamente. Dentro de este ciclo se

Gráfico N° 203.- Elementos climáticos de la ciudad de Cuenca según meses (1977-2009)



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca.



observan dos estaciones lluviosas, de Febrero a Mayo y de Octubre a Noviembre, la primera coincide con los valores más elevados de humedad relativa, mientras que en la segunda estos valores son menores. (Ver Gráfico N° 203)

Considerando que se cuenta con un período de varios meses de lluvia es importante que ésta pueda ser acumulada para su uso en actividades que no requieren de agua potable. De esta manera en el período de Febrero a Mayo se podría acumular un promedio de  $0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2$  mientras que de Octubre a Noviembre un promedio de  $0.089 \text{ m}^3/\text{m}^2$  para cada mes.

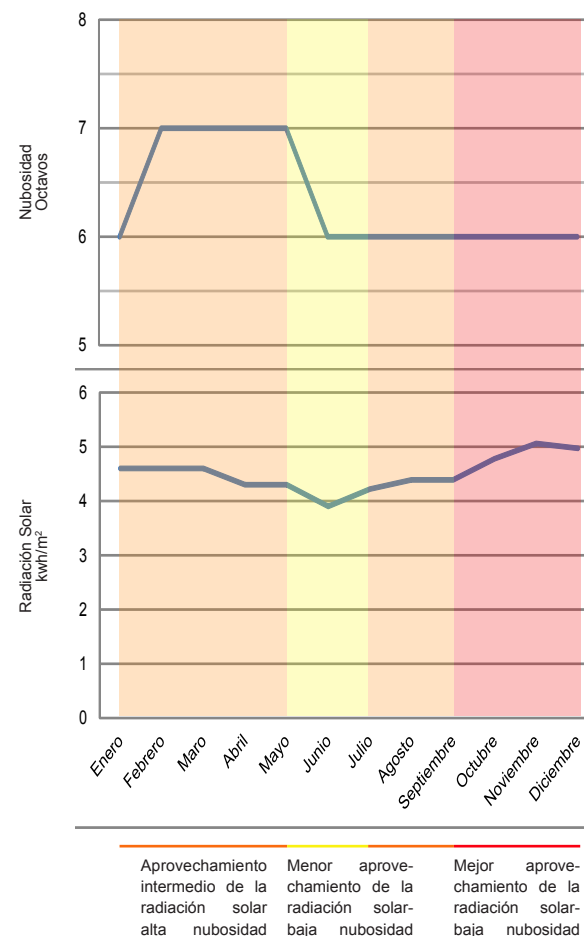
Con respecto al viento, como se puede ver en el Gráfico N° 203, en el período comprendido entre Marzo y Septiembre se presentan las mayores frecuencias, con una dirección predominante del Noreste. De esta etapa los tres primeros meses se corresponden con el período de mayores temperaturas, humedad relativa y precipitaciones, en tanto que los cuatro meses siguientes coincide con la época de menores temperaturas y precipitaciones, así como también con un nivel intermedio de humedad relativa. Por otra parte durante el período com-

prendido entre Octubre y Febrero, las frecuencias de viento son intermedias, predominando igualmente la dirección Noreste, lo cual se corresponde con las mayores temperaturas y el segundo período de precipitaciones, en donde estas son menos intensas y de humedad relativa intermedia.

En cuanto a la nubosidad, como se puede apreciar en el Gráfico N° 204, el período de mayor nubosidad se extiende de Febrero a Mayo (7/8), lo cual coincide con valores intermedios de radiación solar. Durante el resto del año la nubosidad se mantiene constante, siendo esta de 6/8. Los meses de Junio y Julio a pesar de contar con menores niveles de nubosidad, son los que presentan los menores valores de radiación solar, a diferencia de Noviembre y Diciembre que al contar con un mismo nivel de nubosidad, alcanzan los mayores valores de radiación. Esto respectivamente se corresponde con la etapa de menores y mayores temperaturas.

Como se puede ver en el Gráfico N° 205, la amplitud térmica diaria (diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registrada en el día) es considerable, ya que en el período más frío del año (Ju-

Gráfico N° 204.- Nubosidad y radiación solar de la ciudad de Cuenca según meses (1977-2009)



Fuente: Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca./ [nassa](#)



## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

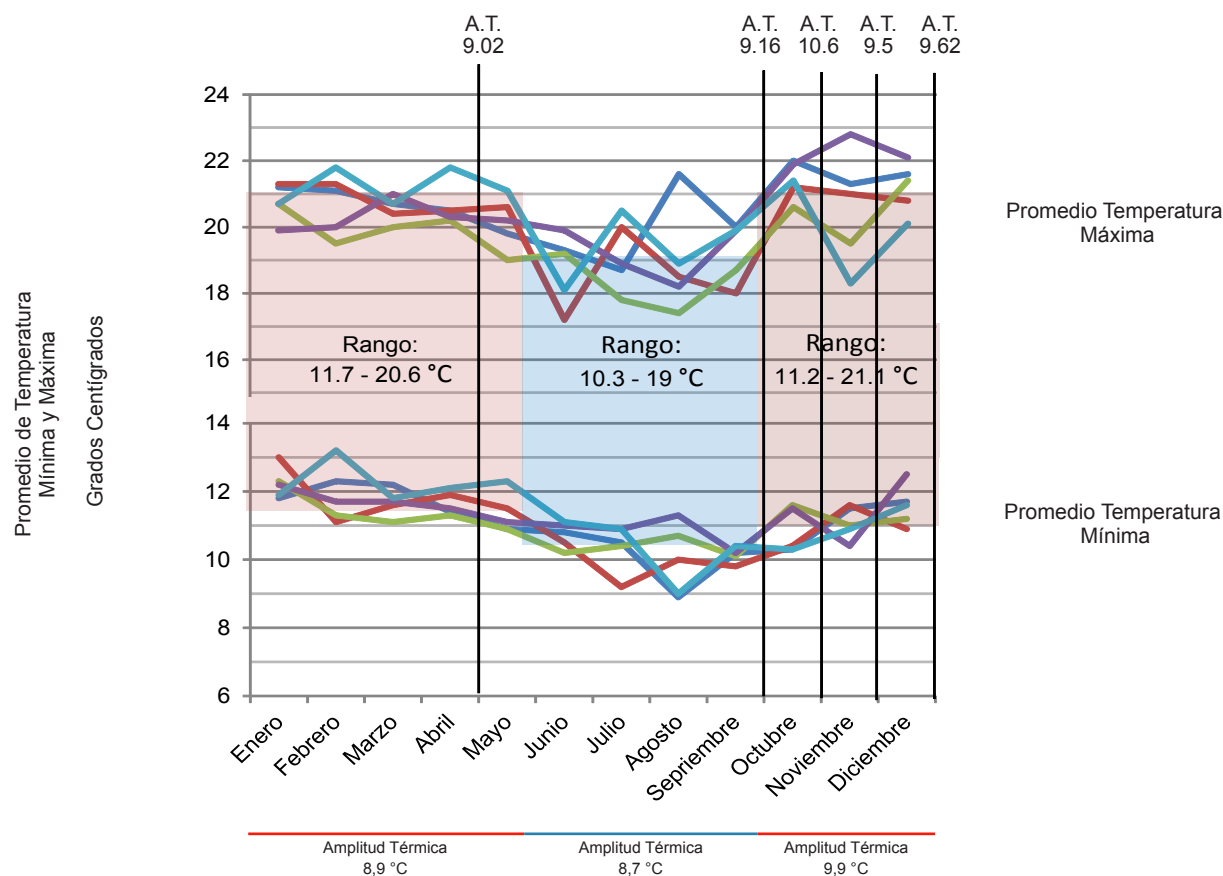
245

nio-Agosto) ésta es de 8,7 °C, mientras que en épocas de mayores temperaturas, la amplitud térmica es superior siendo igual a 8,9 °C en el período comprendido entre Enero y Mayo y de 9,9 °C durante los meses de Septiembre a Diciembre.

Los meses de Abril, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre son los que presentan la mayor amplitud térmica diaria, encontrándose ésta entre los 9,2 y 10,6 °C. Igualmente se han identificado que en los meses de mayores temperaturas que se dividen en dos grupos, en el período de Enero a Mayo la oscilación térmica promedio varía entre los 11,7 y 20,6 °C y entre Octubre y Diciembre se encuentra entre los 11,2 y 21,1 °C. en la época de menores temperatura varía entre 10,3 y 19 °C.

El clima a lo largo del año en la ciudad de Cuenca, no presenta características extremas, pues no se alcanzan temperaturas que puedan provocar condiciones de sobrecalentamiento o infracalentamiento. Sin embargo la amplitud térmica diaria tiene mayor importancia, ya que se puede pasar de temperaturas que resultan confortables sin la necesidad de aplicar estra-

Gráfico N° 205.- Amplitud térmica promedio diaria según meses (2006-2010)



Fuente: Estación Meteorológica del C.E.A. de la Universidad de Cuenca.



## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

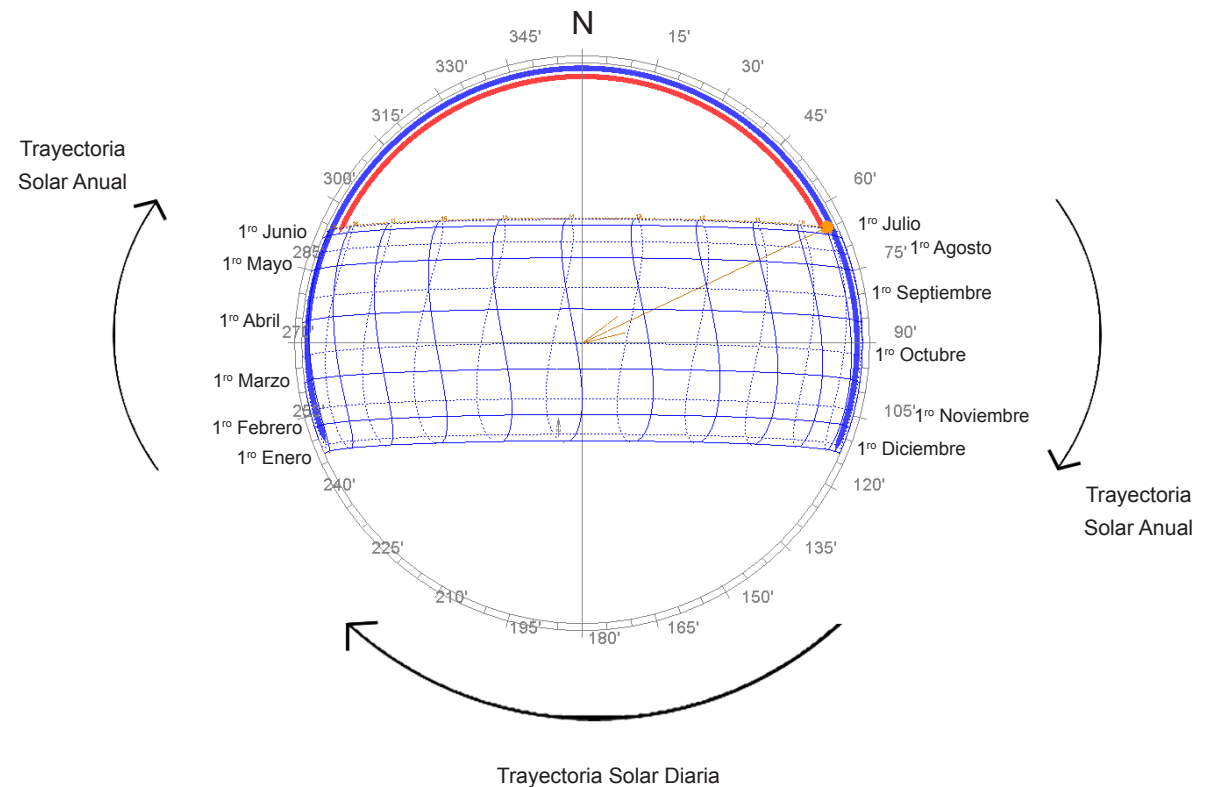
247

fundamental conocer la trayectoria del sol para un lugar determinado, para así tomar decisiones referidas a la distribución de los espacios interiores de la vivienda, tamaño y ubicación de ventanas, protecciones solares, ubicación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar, etc.

Para el caso de la ciudad de Cuenca, al encontrarse en la latitud  $2^{\circ}53'12''$  Sur, la trayectoria solar como se puede ver en los Gráficos N° 207 y 208, es casi simétrica con respecto al eje Este-Oeste, tendiendo mínimamente hacia el Norte, por encontrarse en el Hemisferio Sur. La mayor altura solar entre los solsticios se presenta el 21 de Diciembre (Solsticio de Verano) y la menor el 21 de Junio (Solsticio de invierno). Sin embargo es en los equinoccios de Marzo y Septiembre donde el sol alcanza las máximas alturas solares.

De esta manera una edificación orientada en sentido Norte-Sur recibe sol únicamente en el período cercano al solsticio de invierno y verano, en tanto que una con orientación Este-Oeste contaría con soleamiento durante todo el año en ambas fachadas según la hora del día, siendo esta la orientación más adecua-

Foto N° 207.- Carta solar ciudad de Cuenca: Trayectoria solar proyectada en planta



Elaboracion: Grupo de Tesis

## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

da. Es así que a diferencia de los países en donde la trayectoria solar tiende significativamente hacia el Norte o hacia el Sur, y la distribución de los ambientes al interior de la vivienda se la realiza en función de la fachada que recibe soleamiento la mayor parte del año, en el caso de Cuenca al tener una trayectoria solar que prácticamente tiende en la misma medida hacia el Norte y Sur, la distribución espacial de la vivienda debe realizarse en base al requerimiento de Sol de la mañana o de la tarde en función de la iluminación y lo térmico.

Es así que se considera que los espacios que serán ocupados durante el período nocturno, como los de descanso deberán recibir soleamiento durante las tardes, considerando que los materiales tienen solo un cierto tiempo de almacenamiento de calor.

Por otra parte la orientación de las ventanas deberá ser en sentido Este-Oeste, para la captación de la radiación solar.

En el caso que una vivienda no pueda ser orientada en sentido Este-Oeste, es importante considerar que la eficiencia de la radiación solar disminuye en

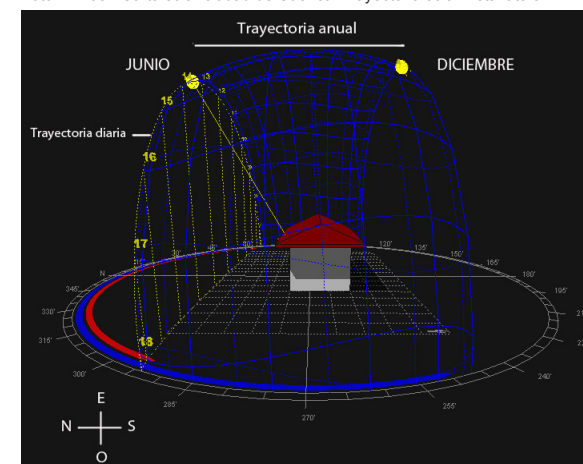
medida que se aproxime a la orientación Norte-Sur (ver Gráfico N° 209).

### 2.3.4.- Criterios bioclimáticos según los resultados de la investigación de la muestra de viviendas de la ciudad de Cuenca

Realizando un análisis de la muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca, con respecto a la temperatura ambiente, se ha podido determinar que predominantemente las viviendas adosadas alcanzan mayores temperaturas al interior (ver Gráfico N° 206) a pesar de que las mediciones de las viviendas adosadas se realizaron en días de mayores temperaturas, lo cual nos permite concluir que las edificaciones aisladas al tener una mayor superficie de la envolvente expuesta y en ciertos casos con sombras por las edificaciones aledañas, se convierten en puntos de pérdidas de calor. De esta manera se puede establecer como criterio que en la zona urbana, las viviendas adosadas se comportan de mejor manera.

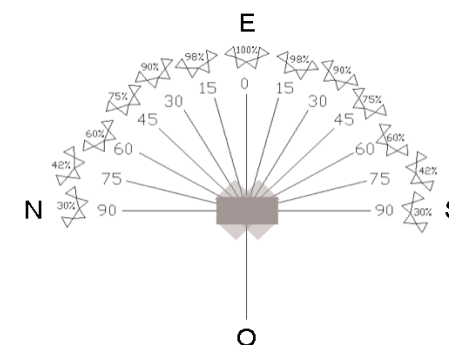
Además se ha visto importante considerar que las fachadas que no tendrán soleamiento deberían presen-

Foto N° 208.- Carta solar ciudad de Cuenca: Trayectoria solar vista lateral



Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 209.- Efectividad de la radiación solar según la orientación cardinal.



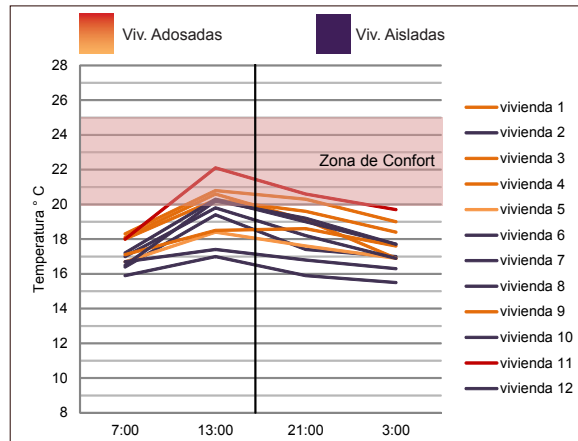
Fuente: Documento Medio Ambiente: Sustentabilidad, Arq. Felipe Quezada

## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

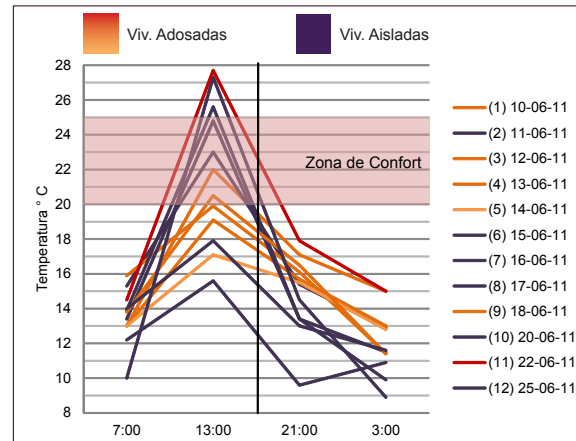
249

Gráfico N° 210.- Temperatura promedio interior por horas y según tipo de implantación de la vivienda.



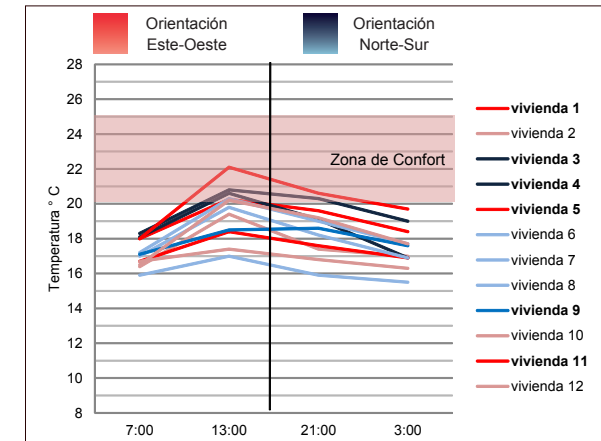
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 211.- Temperatura exterior por horas, según tipo de implantación de la vivienda y fecha de registro.



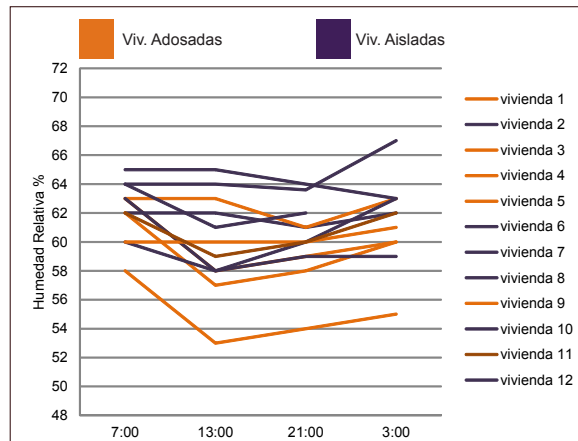
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 212.- Temperatura promedio interior por horas y según orientación de la vivienda.



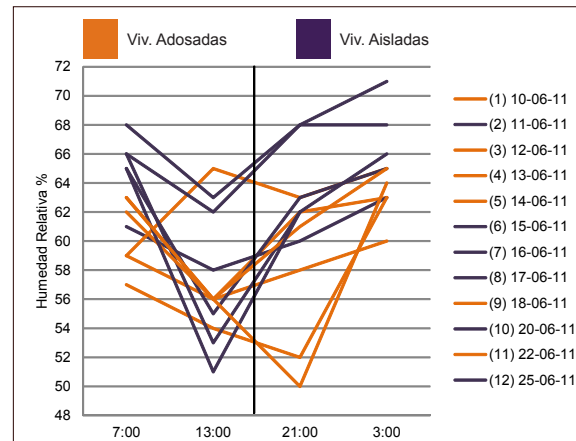
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 213.- Humedad relativa promedio interior por horas y según tipo de implantación de la vivienda.



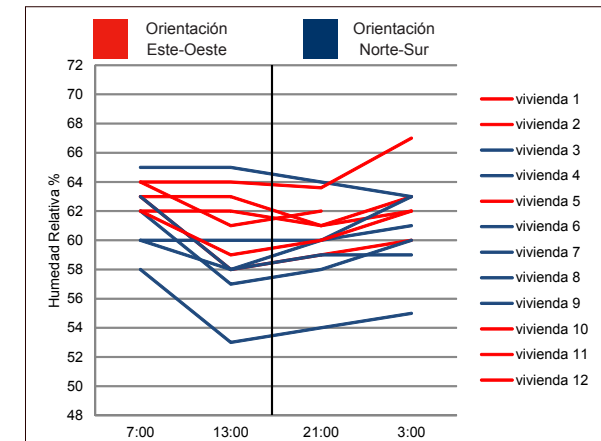
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 214.- Humedad relativa exterior por horas, según tipo de implantación de la vivienda y fecha de registro.



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 215.- Humedad relativa promedio interior por horas y según orientación de la vivienda.



Elaboración: Grupo de Tesis





## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

tar una baja conductividad térmica o aplicar asilantes térmicos, para evitar que el calor captado por la vivienda se pierdan por estas superficies. También se puede observar que el comportamiento de la gráfica de la temperatura interior y exterior es el mismo, lo cual nos permite afirmar que las edificaciones no son capaces de retener el calor ganado en las horas de mayor incidencia solar. Es por ello que para mantener más constante la temperatura en el transcurso del día, puede propiciarse mediante materiales constructivos de alta inercia térmica, que permitan que las ganancias de calor en el día sea cedida al interior por las noches. Sin embargo para ello se deberá tener en cuenta la ubicación del sol para la colocación estratégica de sistemas de calentamiento pasivo, evitando en lo posible las sombras sobre todo en los solsticios, ya que estas se convertirían en zonas de fugas térmicas.

Por otra parte, si bien la orientación de la edificación en sentido Este-Oeste permite un mayor aprovechamiento de la energía solar, las viviendas que se encuentran orientadas de Norte-Sur, pueden captar calor a través de la cu-

bierta o invernaderos adosados, como el caso de las viviendas N° 3 y 4, que a pesar de tener esta orientación alcanzan temperaturas dentro del confort. El uso de invernaderos para el calentamiento de la vivienda, deben ejecutarse de manera que durante en la noche estos puedan quedar completamente aislados de la vivienda, pues así como permite las ganancias de calor, también permite grandes pérdidas en ausencia del Sol. Con respecto a las claraboyas, al ubicarse en la parte superior de la vivienda se convierten en puntos críticos de fugas térmicas, pues el aire caliente tiene a subir lo cual podría significar un punto de escape, para evitar esto se deberá considerar la aislación del mismo, mediante compuertas, el uso de doble vidrio, entre otros.

En cuanto al acristalamiento para la dotación de iluminación natural en las edificaciones, debe tener un dimensionamiento adecuado, pues las grandes superficies pueden provocar deslumbramientos a más de ser puntos de escape del calor durante las noches. Además la perfilera para estas, o el material empleado para las puertas y otros elementos de la edificación, debe evitarse aquellos que se caractericen por

ser excelentes conductores, pues estos se convertirán en puentes térmicos.

Otro de los problemas identificados en las viviendas, es que a pesar de que algunas están construidas con ladrillo de alta inercia térmica y orientadas en sentido Este-Oeste, las sombras provocadas por los aleros y elementos propios de la edificaciones han impedido que estos reciban radiación solar, por lo que en lugar de ser elementos captadores se han convertido en elementos de pérdidas de calor. Es así que debe evitarse en lo posible la aplicación de elementos que provoquen sombras en las fachadas o colocarse en base al respectivo análisis de sombras.

En relación a la humedad relativa es importante considerar que los mayores valores se presentan en las horas de menores temperaturas, lo cual se debe evitar ya que los materiales al absorber humedad provocan pérdidas con mayor velocidad. De igual manera se ha determinado que las viviendas aisladas presentan mayores porcentajes de humedad relativa, sobre todo si éstas se encuentran rodeadas de vegetación.

Con el fin de evitar las pérdidas de calor

## II CAPÍTULO

## CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

por convección a través de la envolvente, especialmente en el período más frío, si la edificación se encuentra orientada en dirección del viento, se deberá colocar protecciones exteriores que modifiquen el flujo del aire. Los mismos que pueden ser con vegetación, cerramientos, entre otros.

Por otra parte con el fin de evitar pérdidas por ventilación se puede plantear como criterio que es necesaria la orientación de los vanos en dirección opuesta al flujo predominante del viento y en caso de que esto no sea posible procurar la colocación de ventanas que puedan regular el ingreso de éste.

Considerando la iluminación natural, en varias viviendas se han encontrado problemas de deslumbramientos, sobre todo las viviendas orientas en sentido Este-Oeste, para lo cual se recomienda la utilización de persianas que controle la dirección de los rayos solares más no impida su ingreso al espacio interior.

En cuanto a la acústica de las edificaciones deberá estimarse su incidencia en el ambiente exterior, y evitar orientar la vivienda en dirección a la fuente del ruido o implementar barreras

que direccionen las ondas sonoras. Mientras que en el interior de los espacios, sobretodo en las zonas de descanso se optará por la utilización de materiales absorbentes del ruido y un tipo de acristalamiento de acuerdo al grado de aislación necesaria.

Con respecto a la calidad del aire, es importante identificar el nivel de contaminación a la que podría estar expuesta la edificación, pues según esto se podrá optar por el uso de vegetación como un mecanismo para la purificación del aire.

## CAPÍTULO

# PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EN LA CIUDAD DE CUENCA

# 3

## Introducción

“Los principios bioclimáticos deben aparecer como un hábito en la construcción y no como una rareza o una excepción. Por eso se debe hablar de buenas prácticas y de buena arquitectura y no de arquitectura singular. Estas buenas prácticas deben tener como objetivo la calidad del ambiente interior y la reducción de los efectos negativos sobre el entorno”<sup>1</sup>

Los recursos de la naturaleza siempre han estado presentes en el comportamiento de los seres vivos, de donde las actividades constructivas simples dieron lugar a la arquitectura popular, que en actividades constructivas ha ido evolucionando hasta llegar a lo que es la arquitectura bioclimática. Sin embargo con el pasar de los años generalmente se dieron prioridad a otros aspectos, dejándose de lado la adecuada correlación entre la edificación y las condiciones climáticas del entorno, lo que ha llevado a un despilfarro en el consumo energético a más de disminuir la calidad de los espacios.

De esta manera en base al estudio de las condiciones climáticas y a la investigación de campo realizada a un grupo de viviendas en la ciudad de Cuenca para determinar su comportamiento frente al mismo, planteada en el Capítulo II, se ha obtenido una serie de criterios bioclimáticos que han sido aplicados en la propuesta de vivienda que se presentará en el presente capítulo. La propuesta de vivienda bioclimática ha

sido diseñada considerando tres etapas: en la primera parte todo aquello relacionado con el diseño solar pasivo, para alcanzar confort térmico y olfativo, lo cual ha permitido además determinar los materiales a utilizar; en una segunda etapa en base al diseño solar activo como estrategias complementarias para calentamiento de agua sanitaria y generación de energía eléctrica; finalmente una tercera etapa en relación a otros factores ambientales dentro de los cuales se encuentran los estudios lumínicos y acústicos así como también el reciclaje de agua lluvia. Por otra parte se ha analizado el comportamiento de la propuesta de vivienda bioclimática mediante el uso del programa Ecotect y cálculos matemáticos, los resultados obtenidos han validado la propuesta, pues se cumple con las normas y requerimientos en cada uno de los casos. De esta manera queda garantizada la calidad de los espacios minimizando el consumo de energía.

<sup>1</sup> Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, Javier Neila, pág. 267

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

### 3.1.- Estudio del Terreno

Como se puede apreciar en el Gráfico N°1, el terreno se encuentra ubicado en el Sector Sureste de la ciudad de Cuenca, el cual corresponde a una zona residencial, en donde según la Ordenanza es permitido construir edificaciones de hasta dos pisos de altura, el tipo de implantación es continua con retiro frontal.

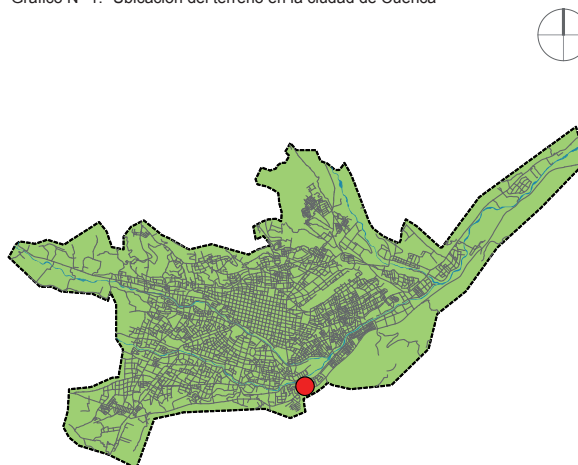
Esta zona se encuentra cercana a una vía expresa, que es la autopista Cuenca - Azogues así como también a una vía Arterial (Av. 24 de Mayo), en donde el flujo vehicular es elevado, no obstante el frente del terreno se encuentra hacia la vía local (ver Gráfico N°2).

El terreno está ubicado en la latitud  $2^{\circ}54'41''$  y longitud  $78^{\circ}59'18''$  con una altura de 2505 msnm. Como se puede observar en el Gráfico N°3, tiene un ángulo de inclinación de 100 grados con respecto al Norte, por lo que su orientación hacia el Oeste permitirá un adecuado aprovechamiento del soleamiento. Su frente es de 9 m. y su fondo mayor es de 28,02 m., teniendo un área de 240,32 m<sup>2</sup>.

#### 3.1.1.- Análisis del Microclima

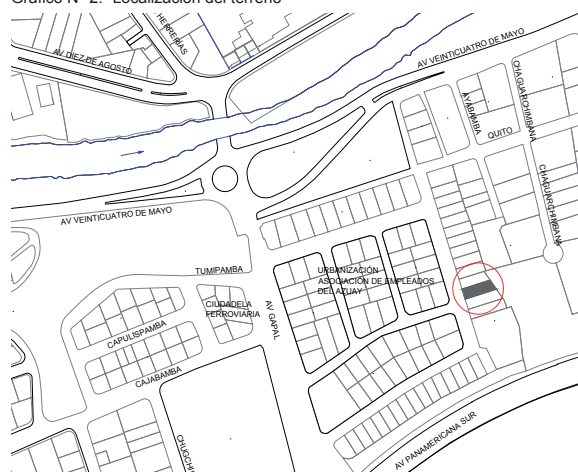
- **Orografía:** A una distancia de aproxi-

Gráfico N° 1.- Ubicación del terreno en la ciudad de Cuenca



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 2.- Localización del terreno



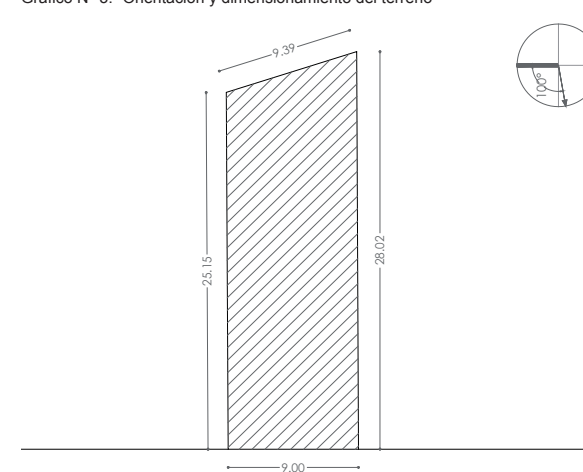
Elaboración: Grupo de Tesis

Foto N° 1.- Terreno



Fuente: Grupo de Tesis

Gráfico N° 3.- Orientación y dimensionamiento del terreno



Elaboración: Grupo de Tesis

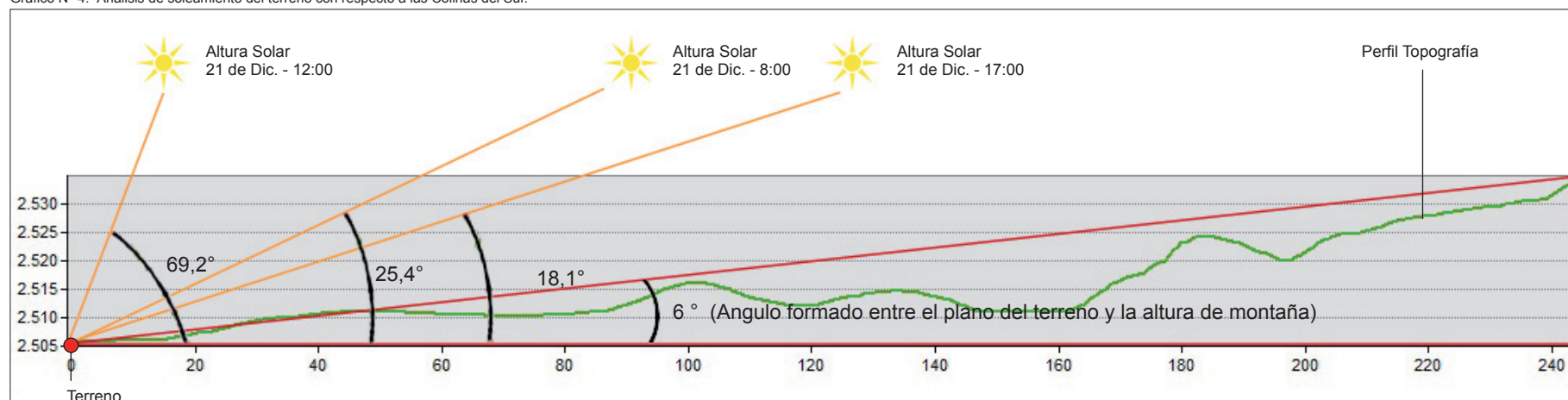


### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

257

Gráfico N° 4.- Análisis de soleamiento del terreno con respecto a las Colinas del Sur.



Elaboración: Grupo de Tesis

madamente 100m en dirección Sur se ubican las Colinas del Sur, que en esta zona alcanzan una altura de 2546 msnm. Según el Gráfico N°4, en cuanto a la trayectoria solar, en los meses que esta tiende hacia las colinas no se producen sombras que puedan afectar el soleamiento del terreno, esto debido a que la altura solar en el solsticio de verano tanto en la mañana como en la tarde alcanza un ángulo mínimo de 25,4° y 18,1° respectivamente, los cuales son mayores al ángulo formado por la altura de la montaña y el plano del terreno (6°).

Por otra parte debido a que el viento

predominante proviene de la dirección Noreste, la montaña no hace de barrera.

- **Hidrografía:** En dirección Norte, a 200 m de distancia, atraviesa el río Yanuncay, el cual fluye hacia el Este de la ciudad. Esta condición afecta en la temperatura del aire, ya que las masas de aire que provienen del Noreste se enfrían al tener contacto con el agua del río.

- **Naturaleza de la Superficie de la Tierra:** En la zona más próxima al terreno no existe vegetación debido a que en su mayoría se encuentra edificada, sin em-

bargo la presencia de la montaña, la cual presenta una cobertura del suelo compuesta por bosque nativo, vegetación leñosa y pasto (ver Gráfico N°5), contribuye con la purificación del aire. Igualmente la vegetación alta existente en esta zona no genera sombras en el sector.

- **Otros Factores Ambientales:** De acuerdo con el estudio realizado por el Centro de Estudios Ambientales (CEA) de la ciudad de Cuenca, el nivel de ruido registrado en esta zona se encuentra alrededor de 65 dB. La contaminación acústica proviene especialmente de la

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

autopista Cuenca - Azogues.

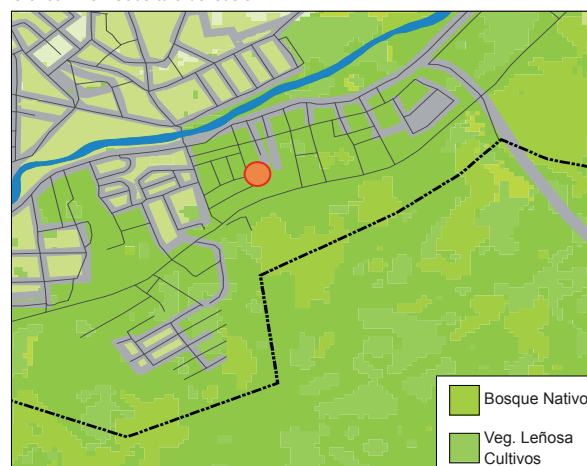
De igual manera según lo establecido en el estudio llevado a cabo por el CEA en relación a la calidad del aire en Cuenca, se ha podido conocer que en lo referente a la concentración de gases contaminantes como Ozono ( $O_3$ ) y Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) se cuenta con niveles permisibles, es decir por debajo de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) siendo estos de 60 y 40 microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ) respectivamente (Gráfico N°6).

Sin embargo en cuanto a la presencia de material particulado PM10 (partículas de diámetro igual o inferior a  $10\mu m$ ) y PM2.5 (partículas de diámetro igual o inferior a  $2.5\mu m$ ), se tiene que los valores máximos registrados se encuentran por encima de lo establecido en la Normativa Ecuatoriana, en tanto que los niveles promedio y mínimo cumplen con lo permisible e incluso son relativamente bajos (ver Gráfico N°7).

### 3.1.2.- Análisis del Terreno:

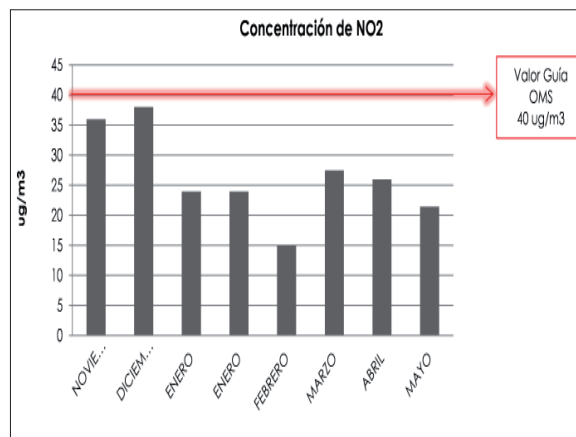
Después de que se ha realizado el análisis del microclima de la zona inmediata al

Gráfico N° 5.- Cobertura del suelo



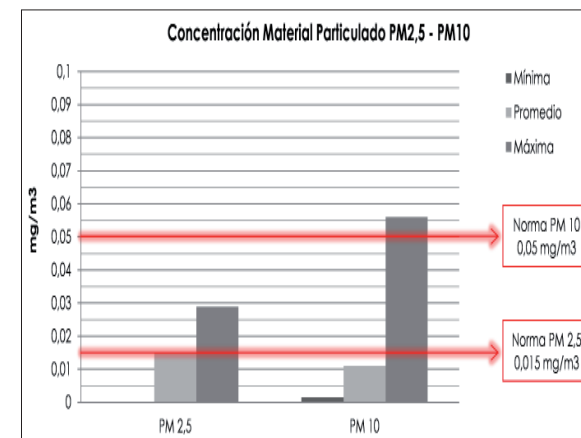
Fuente: Instituto de Estudios de Regimen Seccional del Ecuador (IERSE)

Gráfico N° 6.- Concentración de Dióxido de Nitrógeno (Sector puente de Gagal), según meses del año



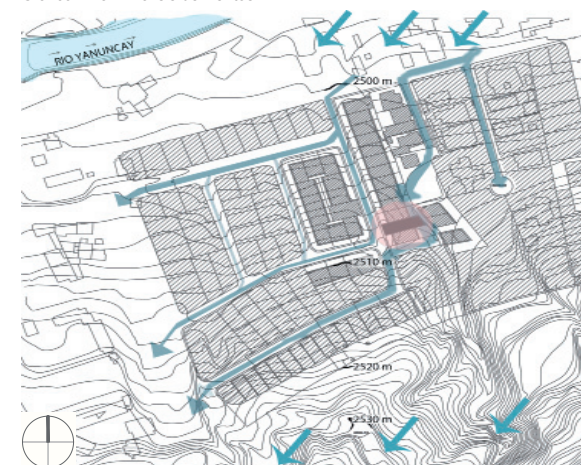
Fuente: Centro de Estudios Ambientales (CEA)

Gráfico N° 7.- Concentración de material particulado (Sector puente de Gagal), según su diámetro.



Fuente: Centro de Estudios Ambientales (CEA)

Gráfico N° 8.- Análisis de vientos



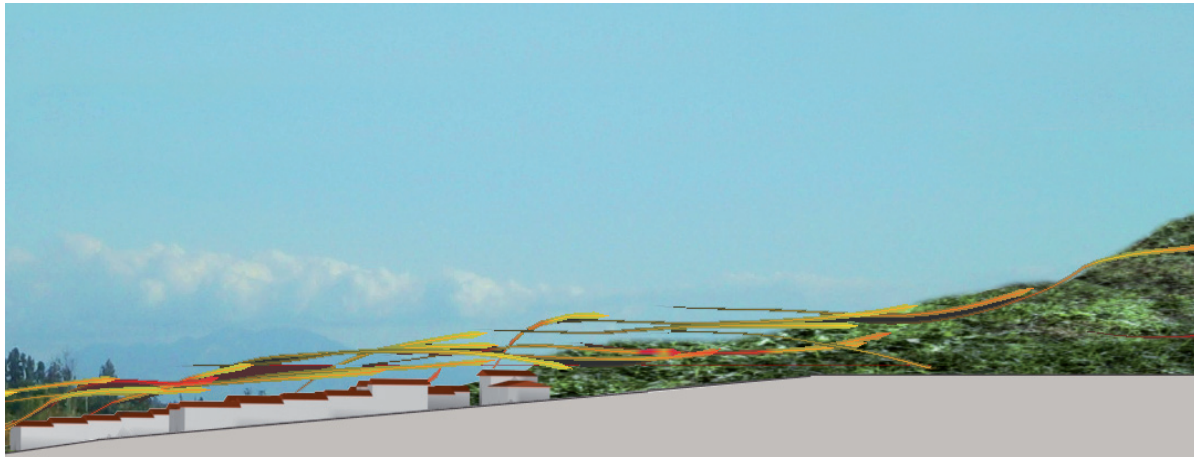
Elaboración: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

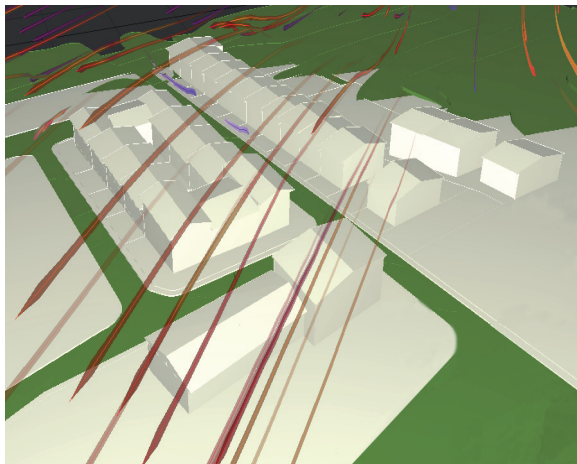
259

Gráfico N° 9.- Recorrido del viento



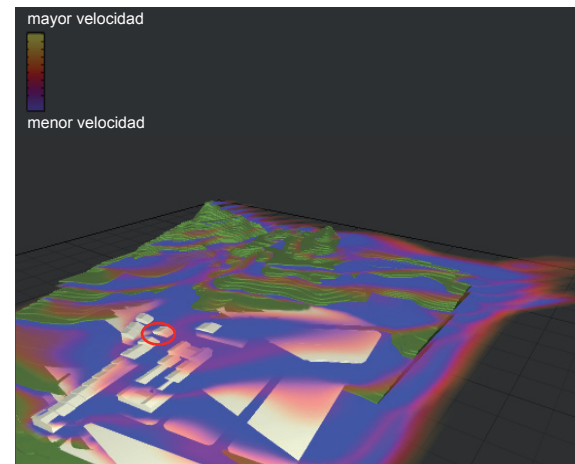
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 10.- Recorrido del viento



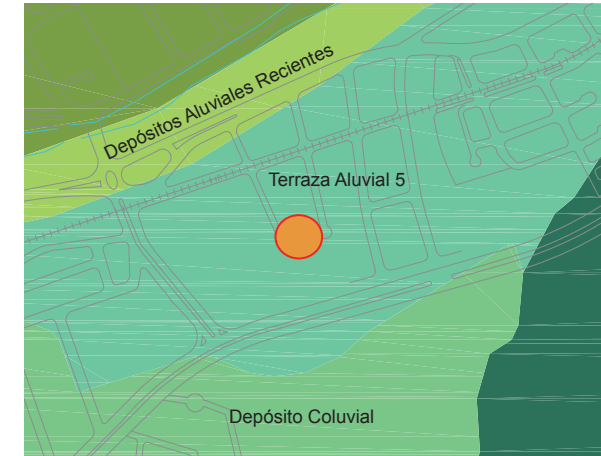
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 11.- Velocidad del viento



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 12.- Geología y geotecnia del terreno



Fuente: Proyecto PRECUPA (Cooperación Ecuador-Suiza)

terreno, se ha podido determinar que no existen barreras naturales que interfieran con el soleamiento, sin embargo con respecto al viento no existen elementos naturales que desvíen su flujo de manera que afecten en menor medida. Además éste al atravesar por el cauce del río perjudica las condiciones higrotérmicas del sector. Como se puede ver en los Gráficos N°8 y 9, la topografía del lugar permite un movimiento del aire con presión positiva, el cual al encontrarse con las edificaciones como obstáculos busca fluir a través de las vías (ver Gráfico N°10). Es así que las fachadas expuestas presentarían pérdi-

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

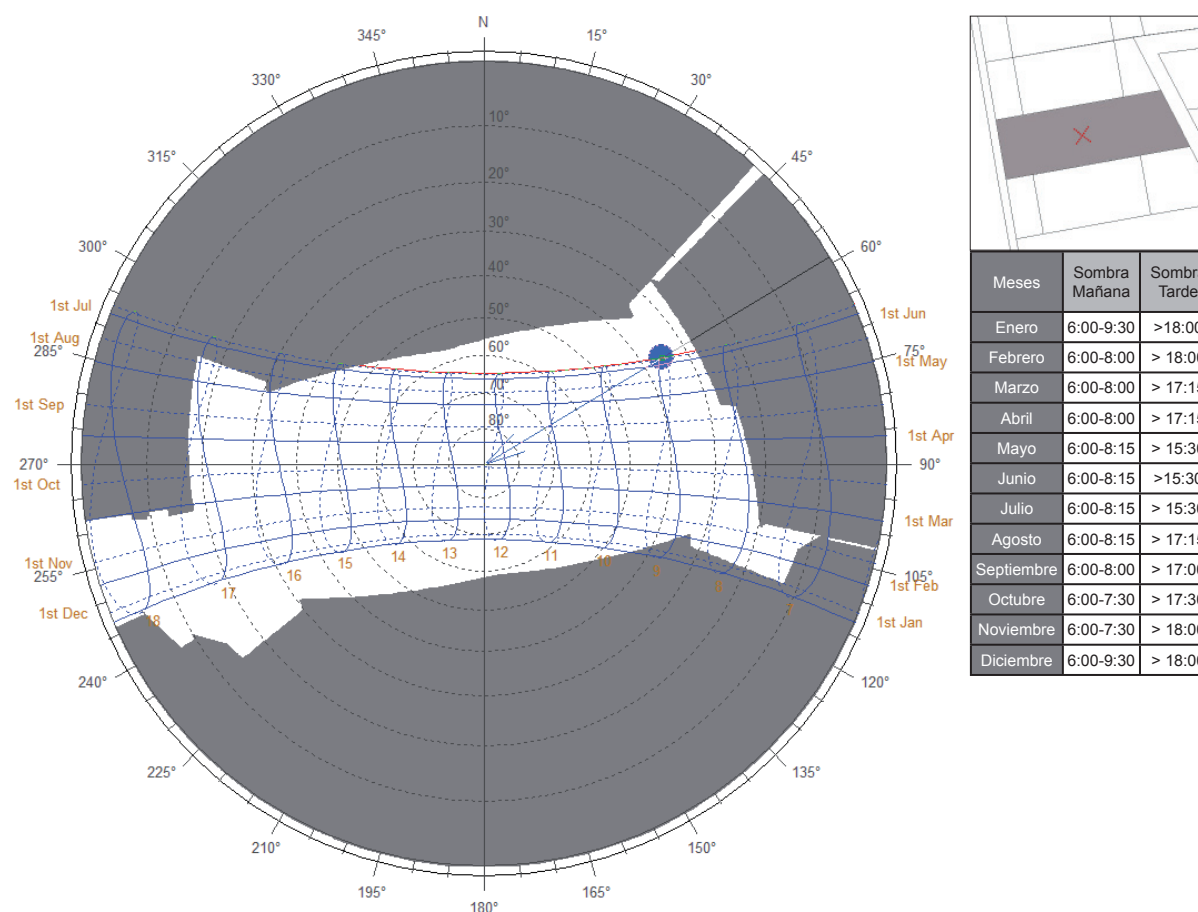
das de calor por convección, no obstante como se puede apreciar en el Gráfico N°11, la velocidad con la que circula el viento se reduce al encontrarse con las edificaciones, en tanto que al fluir por las vías cuenta con una velocidad intermedia y al circular libremente esta es mayor.

Con respecto a la topografía del terreno, en sentido transversal presenta un desnivel de 30 cm y longitudinalmente de 1 m.

En cuanto a la geología del terreno, se encuentra dentro de la categoría de terrazas aluviales (ver Gráfico N°12), que son plataformas que se forman en un valle por los sedimentos de un río que se depositan a los costados del cauce en las zonas donde la pendiente es menor. Este tipo de suelo cubre extensas áreas planas de la ciudad de Cuenca y presenta cinco diferentes niveles de terrazas, en este caso corresponde a la N°5, la cual está formada por estratos erráticos de arena, limo y depósito aluvial de potencia variada.

En relación al comportamiento geotécnico, de manera general son suelos estables en pendientes bajas (hasta los 29°) y presentan un buen comportamiento,

Gráfico N° 13.- Análisis de sombras proyectadas al terreno (Punto Centro), según recorrido diario y anual del sol.



Elaboración: Grupo de Tesis



## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

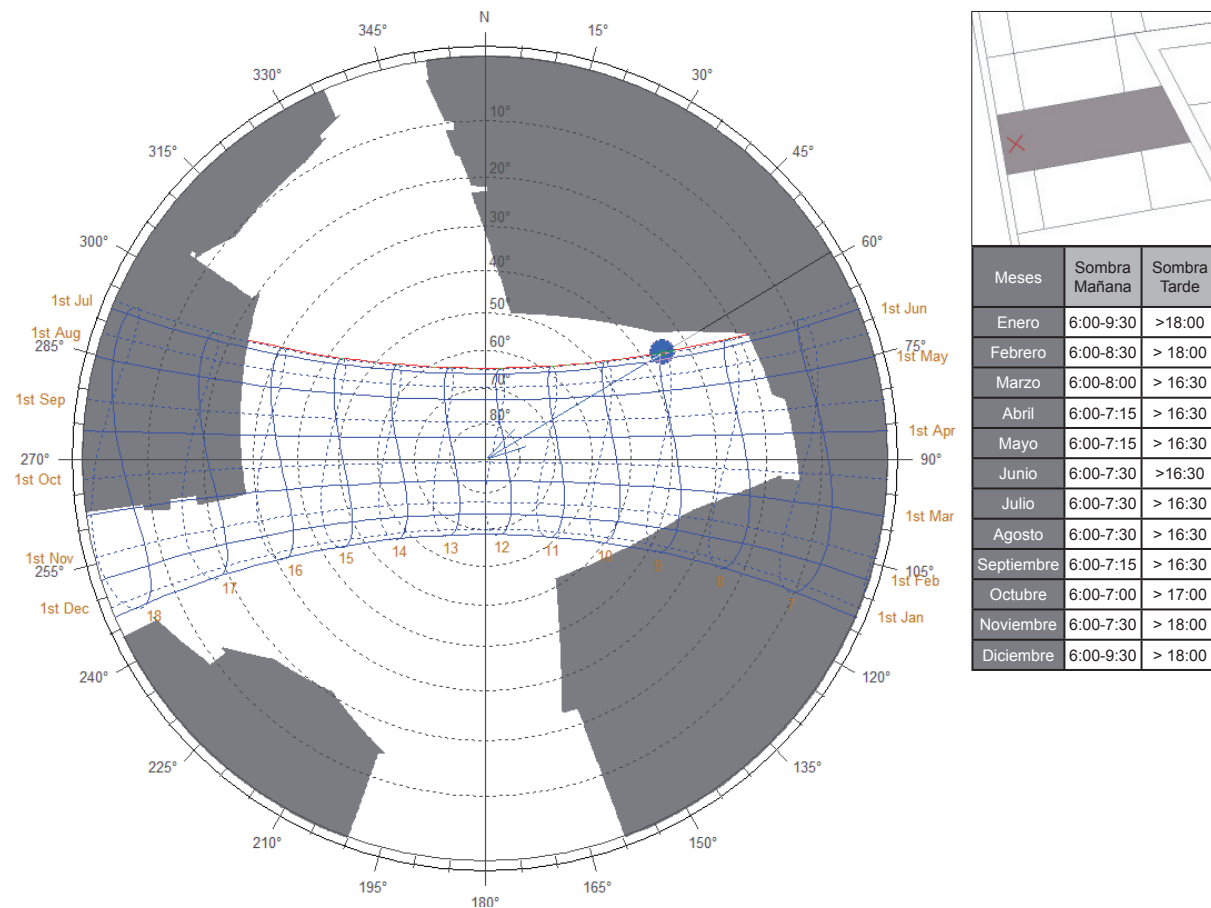
261

siendo aptos para construcción y buen terreno de cimentación, sin embargo si están expuestos en taludes, existe una tendencia a desprendimientos. El nivel freático en estas zonas es poco o medianamente profundo, en la terraza 5 la permeabilidad es alta, se mantiene seca si se encuentra adecuadamente drenada.

Considerándose el soleamiento, se han tomado tres puntos del terreno, uno en el centro, uno en la parte frontal y otro en la posterior para determinar los meses y las horas en las que se producen sombras por la presencia de las edificaciones aledañas al terreno mediante el análisis de la trayectoria solar.

De esta manera se ha podido determinar que en el primer caso (ver Gráfico N°13), el período más crítico es el comprendido entre Junio-Agosto, que es el de menores temperaturas, ya que se ha determinado que generalmente a partir de las 16:00 se producen sombras, mientras que en el resto del año esto se da a partir de las 17:00 y 18:00. Igualmente en los meses de Enero y Diciembre hasta las 9:30 se producen sombras, mientras que en el resto de meses esto se presenta hasta las 8:00 y 8:30

Gráfico N° 14.- Análisis de sombras proyectadas al terreno (Punto Oeste), según recorrido diario y anual del sol.



Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

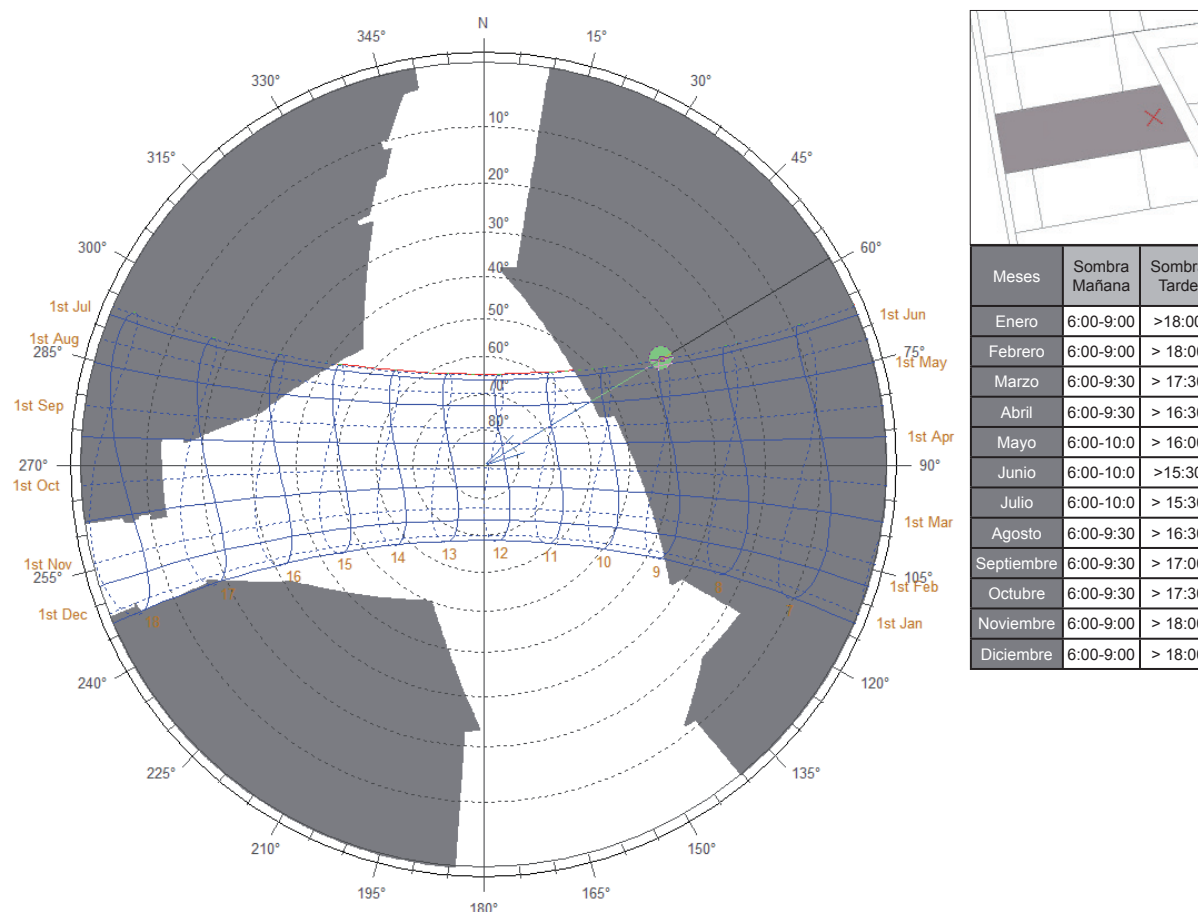
En relación al punto ubicado en la parte frontal, como se puede observar en el Gráfico N°14, el período en el que se producen mayores sombras se extiende de Noviembre a Febrero, hasta las 9:30, en tanto que en las tardes no se presentan problemas de soleamiento.

Igualmente de Marzo a Octubre a partir de las 16:30 este punto se encuentra en sombras, mientras que en las mañanas esto sucede hasta las 7:30.

Finalmente en el punto posterior, los meses más críticos son de Mayo hasta Agosto, tanto en la mañana como en la tarde, ya que hasta las 10:00 y a partir de las 15:30 se encuentra en sombras. Mientras que en el resto de meses existen inconvenientes únicamente en las mañanas hasta las 9:00 y 9:30 (ver Gráfico N° 15).

Como conclusión se puede establecer que mayores sombras proyectadas se dan en el solsticio de invierno y el período cercano a éste. Igualmente de manera general se puede determinar que durante todo el año a partir de las 9:30 hasta las 16:00 el terreno recibe un adecuado soleamiento.

Gráfico N° 15.- Análisis de sombras proyectadas al terreno (Punto Este), según recorrido diario y anual del sol.



Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

263

### 3.2.- Propuesta de Vivienda Bioclimática y Validación

Esta propuesta de diseño de una vivienda unifamiliar con aplicación de criterios bioclimáticos, está destinada para una familia promedio de cuatro miembros, ya que según el Análisis Socioeconómico Regional-Sur elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC en el año 2008, la composición familiar en la provincia del Azuay es de 4 personas por hogar.

#### 3.2.1.- Programa Arquitectónico

La vivienda cuenta con los siguientes espacios:

Zona Social: Sala, comedor, estar.

Zona de Descanso: Dormitorio de padres, dos dormitorios de hijos.

Zona de Servicios: Cocina, lavandería, baño social, baño de padres, baño de hijos.

Zona de Trabajo: Estudio.

#### 3.2.2.- Forma y Orientación

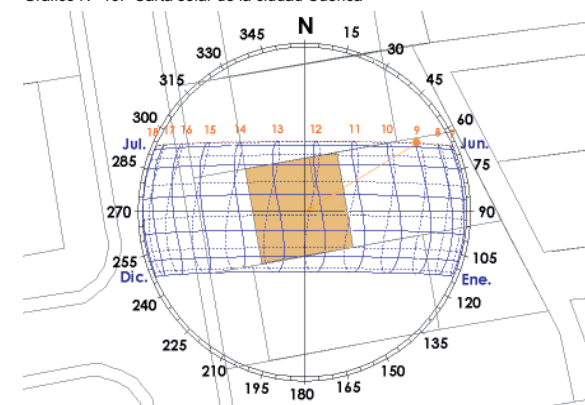
Con el propósito de evitar en lo posible las pérdidas de calor a través de la envolvente expuesta de la vivienda, se ha

optado por una forma de la edificación compacta, ya que “para un idéntico volumen de espacio interior de la vivienda se podrá tener diferente superficie de envolvente expuesta. Puede ocurrir que se tenga un perímetro de vivienda irregular u otro tendiente a ser cuadrado por ejemplo, este último constituye una vivienda más compacta.”<sup>2</sup>

Igualmente, como se determinó en el Capítulo II, se debe evitar en lo posible la utilización de elementos arquitectónicos como aleros y voladizos, que provoquen sombras en las fachadas que servirán para la captación de energía solar.

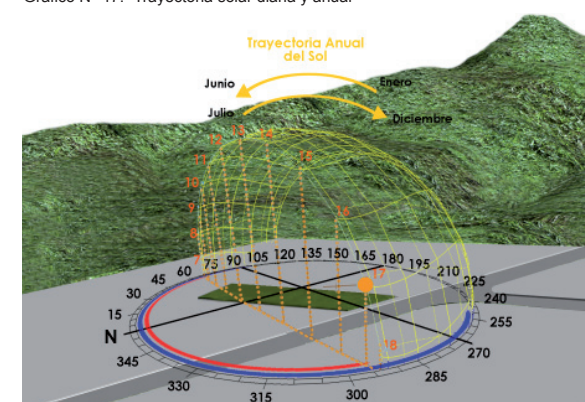
Como se puede ver en los Gráficos N° 16 y 17, debido a que el terreno se encuentra con una orientación adecuada, durante todo el año la edificación recibirá soleamiento en la mañana en la fachada posterior y en la tarde en la fachada frontal. En los meses más fríos la trayectoria solar tenderá hacia el Norte de la edificación, mientras que en los meses de mayores temperaturas se encontrará hacia el Sur. Durante los meses con temperaturas intermedias el sol incidirá en la zona central de la edificación.

Gráfico N° 16.- Carta solar de la ciudad Cuenca



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 17.- Trayectoria solar diaria y anual



Elaboración: Grupo de Tesis

<sup>2</sup> Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Waldo Bustamante, pág. 73

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

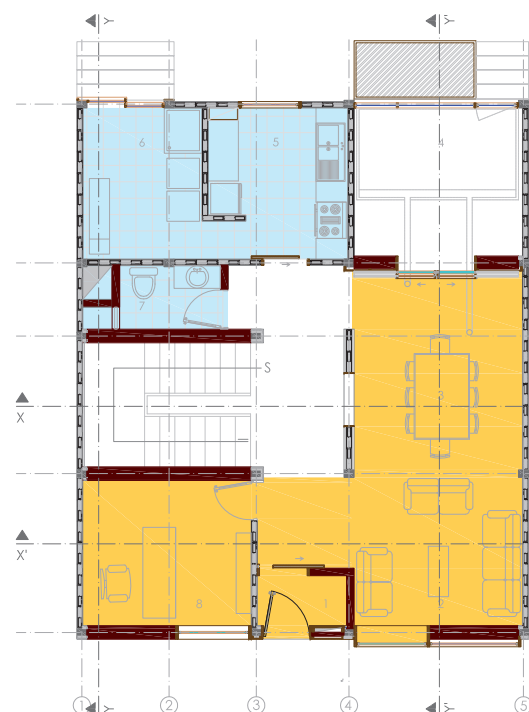
### 3.2.3.- Distribución Interior

La distribución de los espacios al interior de la vivienda se ha realizado en función de su horario de utilización para el adecuado aprovechamiento de iluminación natural y captación solar. De esta manera se ha buscado orientar los espacios de la zona de descanso hacia el Oeste, con el objetivo de captar y almacenar la energía solar de la tarde y que ésta se libere durante las noches. Considerando las dimensiones del frente del terreno, uno de los *dormitorios* se ha ubicado hacia el Este, buscando que alguna de sus superficies permita captar y almacenar el sol de la tarde (ver Gráfico N°19)

En cuanto a la zona social, siendo esta la *sala - comedor*, debido a que su uso se puede dar en diferentes momentos del día, están orientadas tanto al Este como el Oeste, de manera que reciben radiación solar durante todo el día (ver Gráfico N° 18). De igual manera el *estar*, si bien está orientado al Este, recibe energía solar a través del tragaluz en las gradas durante las primeras horas de la tarde.

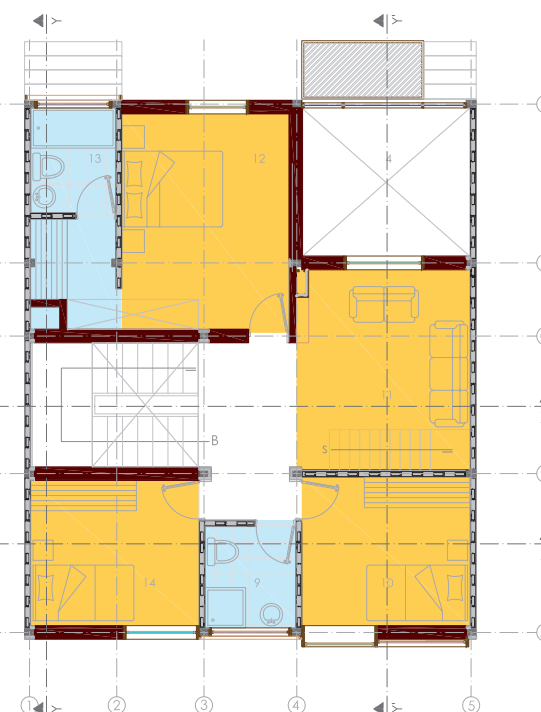
Con respecto a la zona de trabajo, debido a que su mayor uso se da en

Gráfico N° 18.- Distribución espacial en planta baja



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 19.- Distribución espacial en planta alta



Elaboración: Grupo de Tesis



horas de la tarde, este se encuentra con orientación hacia el Oeste.

Finalmente la zona de servicio, que incluye la *cocina* y *lavandería*, ésta se encuentra hacia el Este, ya que generalmente son espacios que se utilizan en las mañanas.

Después de esta distribución, se ha clasificado a estos espacios según sus necesidades tanto térmicas como de ventilación. Como se puede ver en los Gráficos N° 18 y 19, los espacios que requieren conservar el calor ganado durante el día, se encuentran de color amarillo y de celeste los espacios que requieren una mayor ventilación, los cuales con el fin de evitar pérdidas de calor de los espacios contiguos, se los ha aislado completamente.

### 3.2.4.- Sistemas de Diseño Solar

Para el diseño de la vivienda se ha optado por la utilización de los dos sistemas de diseño solar que son pasivos y activos. Estos se fundamentan en tres pilares: captación de energía, acumulación y distribución, si alguno de ellos falla, la estructura bioclimática fracasa. Sin embargo mientras el primero utili-

za medios naturales para el transporte de los flujos térmicos de energía, como la radiación, conducción y convección, es decir el mismo edificio constituye el sistema; el segundo emplea sistemas auxiliares mecánicos para captar y transportar el calor, a través del aprovechamiento de nuevas tecnologías.

Para ello se ha buscado conseguir la mayoría de los requerimientos de la edificación con la primera etapa de manera que la segunda sea únicamente un complemento.

#### 3.2.4.1.- Diseño Solar Pasivo

Las energías naturales utilizadas en los sistemas bioclimáticos son cíclicos, pues en momentos puntuales generan altos picos de energía mientras que en otros la ausencia total, para ello el recurso básico para permitir el disfrute durante un periodo prolongado de tiempo es acumulándola según se capta.

Debido que la captación y acumulación de energía se dan en zonas concretas de la edificación es necesario que esta sea distribuida a la totalidad de los espacios, caso contrario se tendrá locales acon-

dicionados y otros que no lo estarán. Los sistemas para el diseño solar pasivo se pueden dividir en tres grupos: directos, indirectos y aislados.

#### A) Aporte Solar Directo:

Se considera así cuando la energía que ingresa en el edificio se da en el mismo momento en el que incide sobre su envoltura exterior, a través de las ventanas y claraboyas, para lo cual la disposición y superficie acristalada debe ser la adecuada, de esta manera no debería presentar ningún costo adicional por lo que la relación efectividad precio es elevada, sin embargo su inconveniente es la dependencia de las horas de sol.

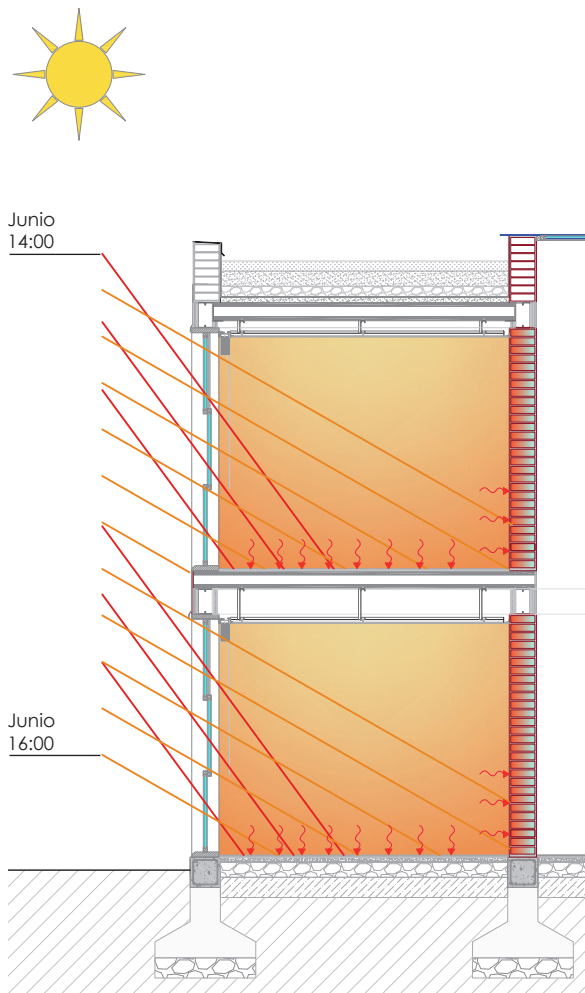
“En un sistema directo, la cantidad de energía solar introducida en el local a través de las ventanas, claraboyas o lucernarios, determinan la temperatura media al interior del espacio, durante el día. Una parte de esta energía debe almacenarse en las paredes y/o en el suelo del local para su uso nocturno.”<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Energía Solar Pasiva, Edward Mazria, pág. 140

# III CAPÍTULO

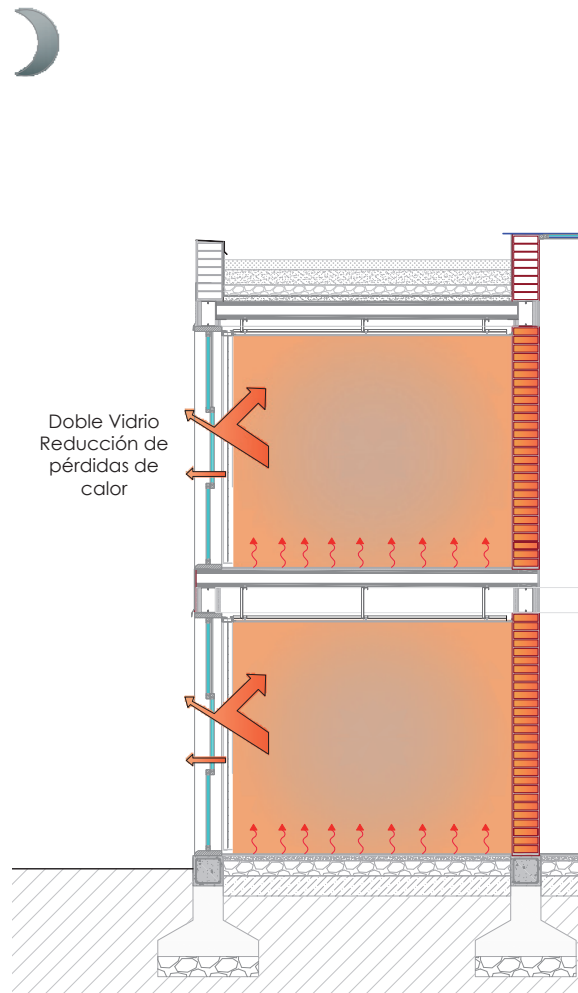
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 20.- VENTANAS: Captación y acumulación



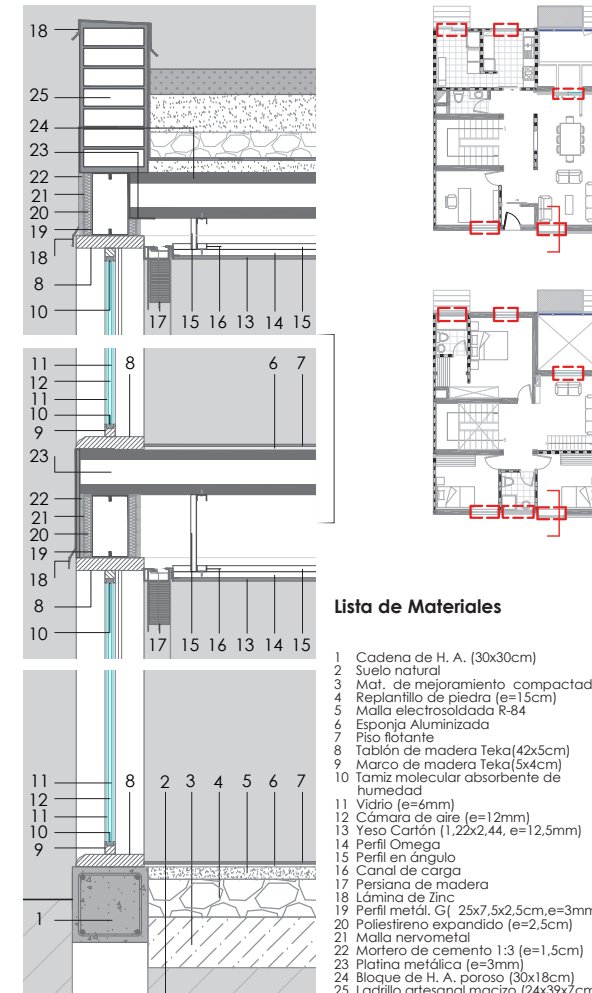
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 21.- VENTANAS: Distribución y aislamiento



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 22.- Sección constructiva de ventanas



## Lista de Materiales

- 1 Cadena de H. A. (30x30cm)
- 2 Suelo natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15cm)
- 5 Malla electrosoldada R-84
- 6 Esponja Aluminizada
- 7 Piso flotante
- 8 Tablón de madera Teko(42x5cm)
- 9 Marco de madera Teko(5x4cm)
- 10 Tamiz molecular absorbente de humedad
- 11 Vidrio (e=6mm)
- 12 Cámara de aire. (e=12mm)
- 13 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 14 Perfil Omega
- 15 Perfil en ángulo
- 16 Canal de carga
- 17 Persiana de madera
- 18 Lámina de Zinc
- 19 Perfil metá. G( 25x7,5x2,5cm,e=3mm)
- 20 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 21 Malla nervometal
- 22 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 23 Platina metálica (e=3mm)
- 24 Bloque de H. A. poroso (30x18cm)
- 25 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)

Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

267

- **Ventanas:** Para la vivienda se ha utilizado en gran parte las ganancias directas a través de las ventanas de los ambientes y se ha aprovechado su energía incidente para ser almacenada al interior en los diferentes materiales utilizados, como la madera natural en los pisos de las zonas de descanso y sociales y en las paredes de alta inercia térmica (ladrillo macizo), minimizando así la variación de temperatura interior (ver Gráficos N° 20, 21 y 22).

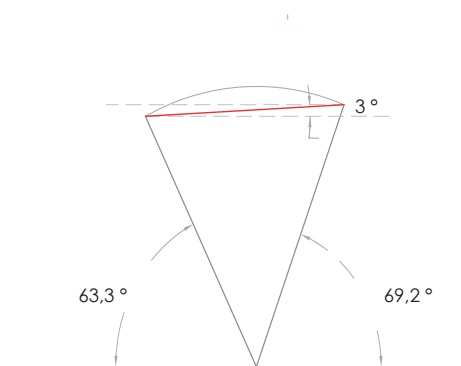
La ganancia solar a través de los elementos vidriados se produce dada la transmisividad alta que presenta este material ante la radiación directa del sol, por lo que se requiere la menor superficie vidriada para calentar un espacio, de esta manera su dimensionamiento estará en función de los requerimientos de iluminación natural.

Si bien las ventanas son elementos que permiten ganancias térmicas, también son las causantes de las pérdidas de energía, es así que según el espacio y los requerimientos de mantener las ganancias caloríficas dentro de las habitaciones se ha buscado mejorar su eficiencia mediante el uso de doble vidrio en las zonas de descanso y sociales evitando las pérdidas de calor por con-

ducción al disminuir la transmitancia térmica, lo cual mejora la capacidad de retardo al flujo del calor. Con el mismo fin la perfilera empleada será de madera, ya que transmitiría un 20% menos que si se usara una carpintería metálica. Por otra parte en las zonas de servicio por su uso nulo en horas de la noche se ha planteado vidrios simples pero con la misma perfilera, que en este caso la reducción será de un 10%

- **Claraboya:** Se ha considerado pertinente su uso en la parte central de la vivienda en la caja de gradas como un

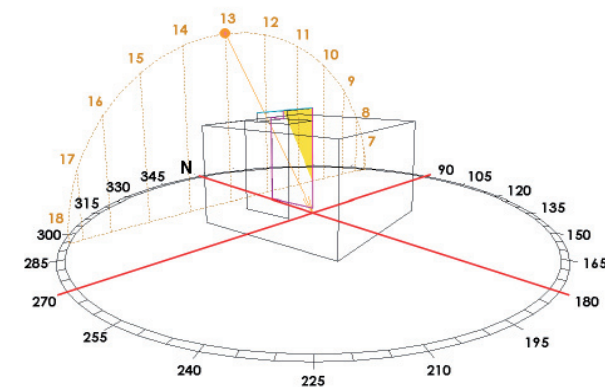
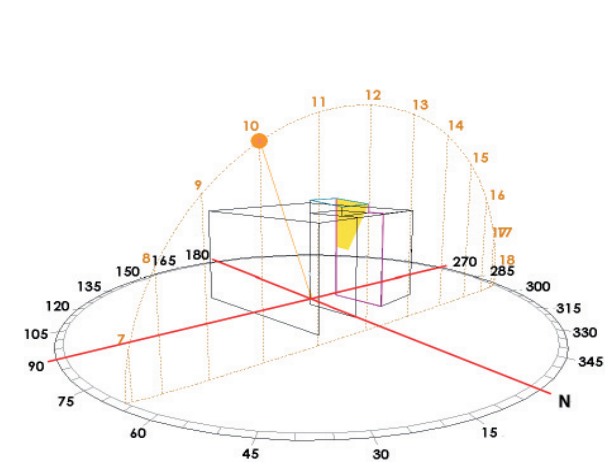
Gráfico N° 23.- Angulo de diseño, según trayectoria anual



Altura Solar - 21 Junio  
12:00  
Elaboración: Grupo de Tesis

Altura Solar - 21 Dic  
12:00

Gráfico N° 24.- Incidencia solar en la mañana y en la tarde



Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 25.- CLARABOYA: Captación y Acumulación

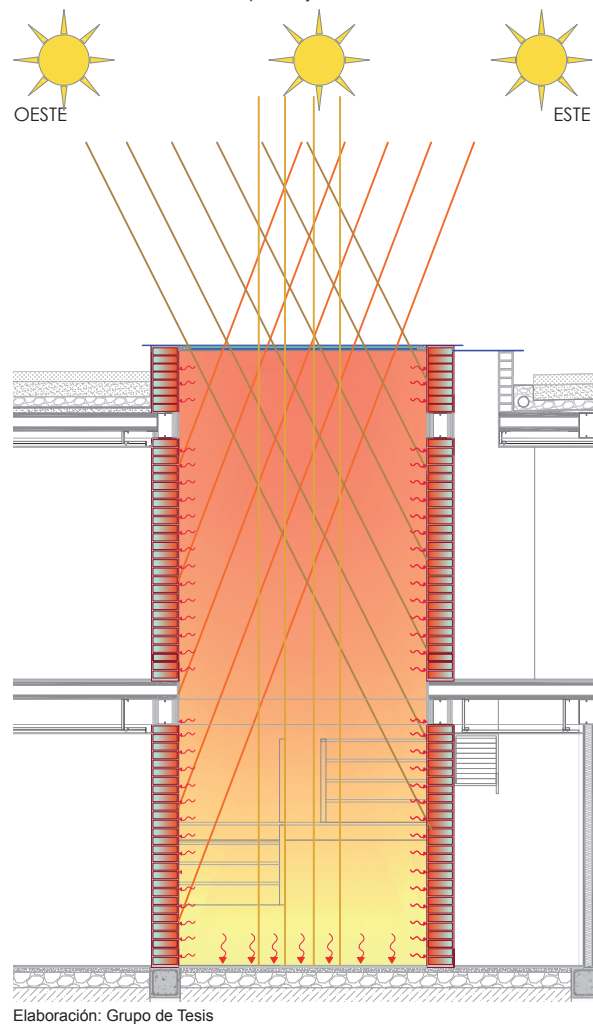


Gráfico N° 26.- CLARABOYA: Distribución y Aislamiento

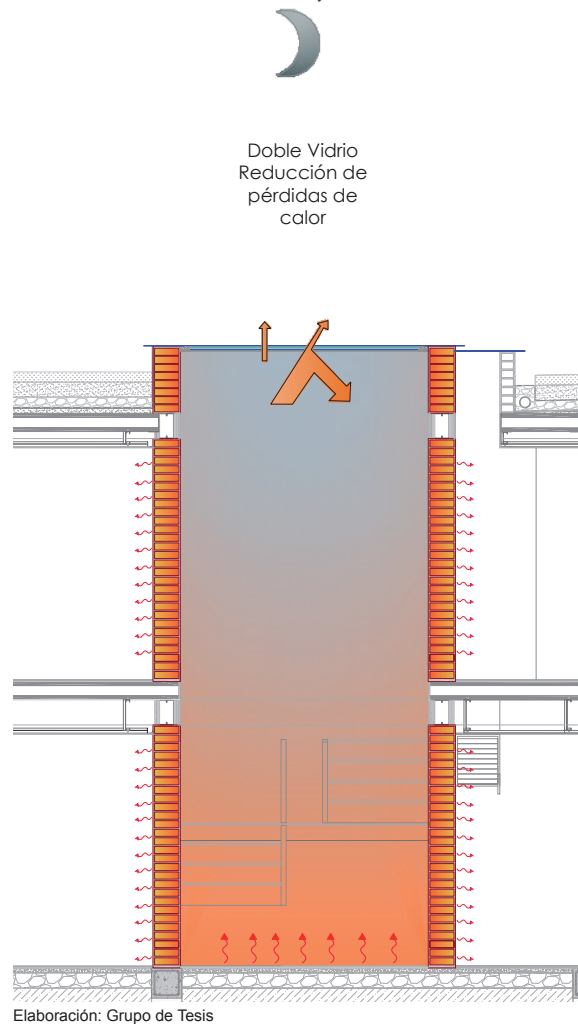
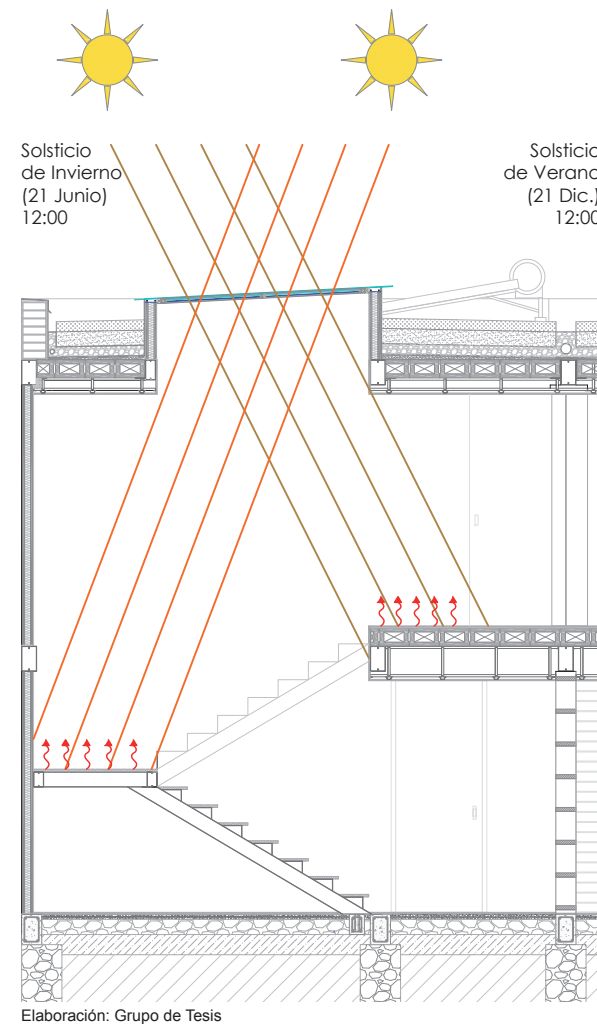


Gráfico N° 27.- Incidencia solar en el solsticio de verano e invierno



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

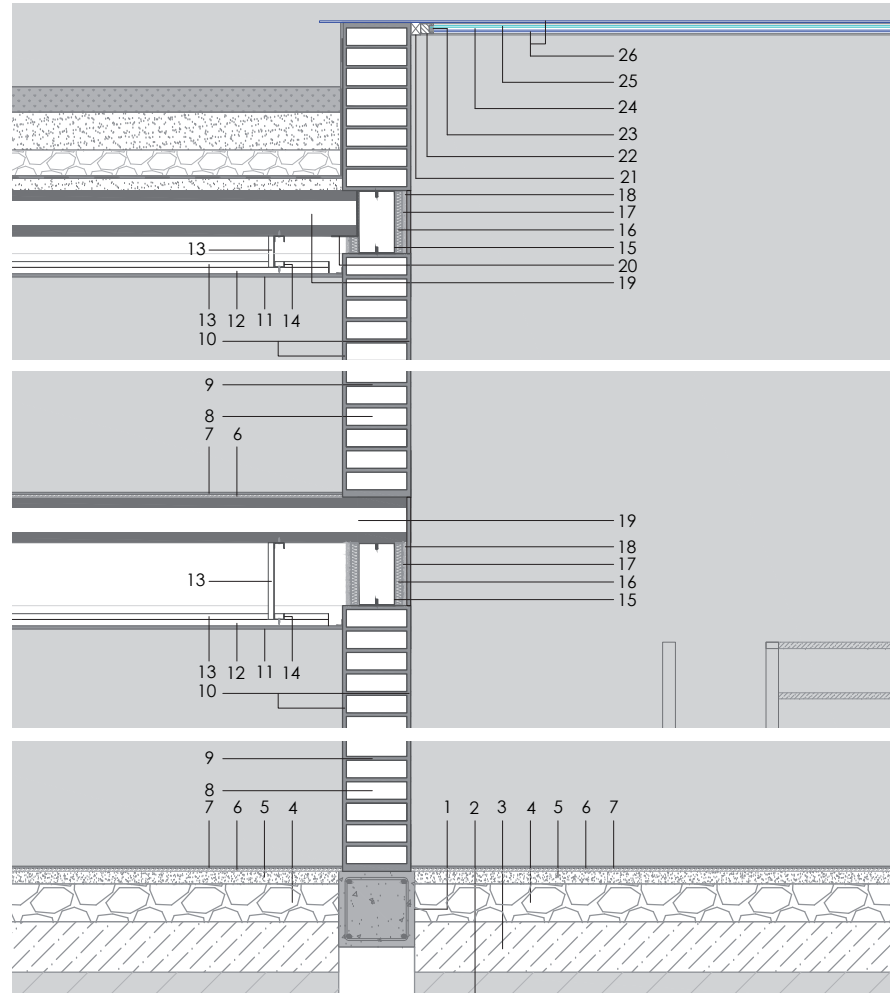
269

elemento regulador de las temperaturas al interior. Para su mayor aprovechamiento, como se puede apreciar en los Gráficos N° 23 y 27, su cubierta se encuentra diseñada con un ángulo de inclinación de acuerdo a la latitud de la ciudad ( $3^\circ$ ). Considerando el análisis realizado con ayuda del programa Ecotect, como se puede ver en el Gráfico N° 24, se ha podido determinar el área de claraboya en la que el sol incidirá durante todo el año, descartando así la colocación de vidrio en donde no se requiere.

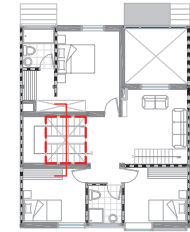
Tomando en cuenta que las horas que ingresa radiación solar por la claraboya se dan a partir de las 09:00 hasta las 16:00, como se puede ver en los Gráfico N° 25, 26 y 28, las paredes que encierran este espacio son de ladrillo macizo para aprovechar su inercia térmica y acumular el exceso de energía que podría haber y ser liberado por las noches hacia las habitaciones contiguas.

De esta manera el dormitorio 1 y 3 dispondrán de una fuente de calor en las horas de ausencia de sol, de la misma manera tanto las gradas como el piso son de madera natural cumpliendo el mismo papel de las paredes, evitando que esta zona se

Gráfico N° 28.- Sección constructiva de claraboya



Elaboración: Grupo de Tesis



#### Lista de Materiales

- 1 Cadena de H. A. (30x30cm)
- 2 Suelo natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replantillo de piedra (e=15cm)
- 5 Malla electrosoldada R-84
- 6 Esponja Aluminizada
- 7 Piso flotante
- 8 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)
- 9 Tendel (mortero 1:4 e=1cm)
- 10 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 11 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 12 Perfil Omega
- 13 Perfil en ángulo
- 14 Canal de carga
- 15 Perfil metá. G (25x7,5x2,5cm, e=3mm)
- 16 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 17 Malla nervometal
- 18 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 19 Bloque de H.A. poroso (30x18cm)
- 20 Platina metálica (e=3mm)
- 21 Tira de madera (4x5cm)
- 22 Marco de madera Tekka (4x5cm)
- 23 Tamiz molecular absorbente de humedad
- 24 Cámara de aire (e=12mm)
- 25 Vidrio (e=6mm)
- 26 Vidrio laminado (e=6mm)

### III CAPÍTULO

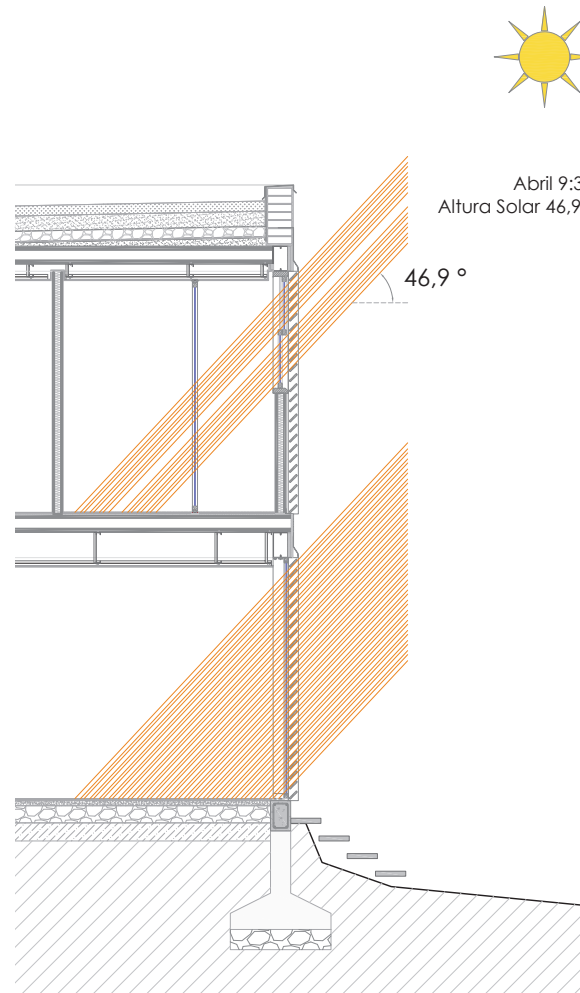
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

enfríe con rapidez y empiece a absorber calor de otros ambientes, para minimizar esto se ha utilizado también doble vidrio en la claraboya más una cubierta de vidrio simple adicional, que proteja la carpintería interna, considerando que es una de las zonas más críticas de pérdidas de calor ya que el aire caliente tiende a subir.

**- Persianas para Control Solar:** Muchas de las actividades que se realizan al interior de un edificio en la práctica generan humedad, por ejemplo la cocina, baño, y lavandería, lo cual puede aumentar la capacidad de conducción de calor de los materiales. Para ello considerando que al aumentar la temperatura se consigue disminuir la humedad relativa del aire, para el caso de las lamas horizontales en el baño y lavandería, el ángulo de inclinación de las mismas permite un adecuado acceso de la radiación solar al interior de los espacios de manera controlada, al mismo tiempo que genera privacidad en estos ambientes (ver Gráficos N° 29 y 30).

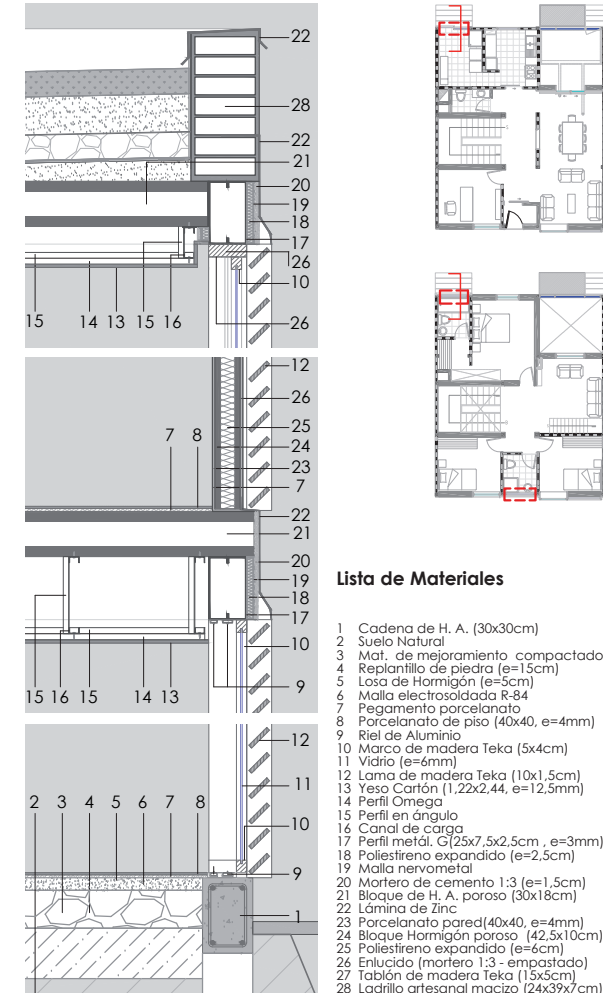
Es así que teniendo en cuenta que el mes con mayores porcentajes de humedad relativa es Abril, seguido de Mayo, para el ángulo de inclinación de las lamas horizontales se ha considerado la

Gráfico N° 29.- Ángulo de diseño para el control solar de persianas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 30.- Sección constructiva de persianas fijas



Elaboración: Grupo de Tesis

#### Lista de Materiales

- 1 Cadena de H. A. (30x30cm)
- 2 Suelo Natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15cm)
- 5 Losa de Hormigón (e=5cm)
- 6 Malla electrosoldada R-84
- 7 Pegamento porcelanato
- 8 Porcelanato de piso (40x40, e=4mm)
- 9 Riel de Aluminio
- 10 Marco de madera Teka (5x4cm)
- 11 Vidrio (e=6mm)
- 12 Lama de madera Teka (10x1,5cm)
- 13 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 14 Perfil Omega
- 15 Perfil en ángulo
- 16 Canal de carga
- 17 Perfil metálico G(25x7,5x2,5cm, e=3mm)
- 18 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 19 Malla nervometal
- 20 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 21 Bloque de H. A. poroso (30x18cm)
- 22 Lámina de Zinc
- 23 Porcelanato pared (40x40, e=4mm)
- 24 Bloque Hormigón poroso (42,5x10cm)
- 25 Poliestireno expandido (e=6cm)
- 26 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 27 Tablón de madera Teka (15x5cm)
- 28 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

271

altura promedio del sol durante estos dos meses a las 9:30 am (ver Gráficos N° 31 y 32). Se ha determinado esta hora, ya que constituye el punto intermedio del período de soleamiento de estas ventanas, ya que las mismas presentan una orientación Este, es decir reciben el sol de la mañana, el cual incide en estas superficies aproximadamente a partir de las 8:00 (antes de esta hora se producen sombras por la baja altura del sol y las edificaciones aledañas) hasta las 11:00 (a partir de esta hora el sol adquiere alturas elevadas disminuyendo progresivamente su incidencia sobre las ventanas).

De esta manera la altura promedio del sol a las 9:30 para los meses de Abril y Mayo es de 45°. Sin embargo es importante recalcar que durante todo el año la altura solar a esta hora se mantiene entre los 40 y 45° la mayor parte del tiempo.

#### B) Aporte Solar Indirecto:

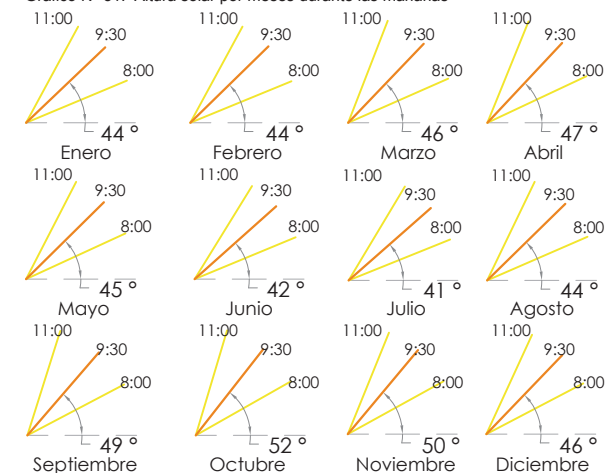
Es aquella que convierte la radiación solar en calor mediante su absorción a través de la piel del edificio y lo libera hacia los espacios habitables. La radiación solar no ingresa directamente, sino es captada en dispositivos diseñados

especialmente para ello. El calor se transmite hacia los espacios habitables generalmente por conducción y radiación a través de los cerramientos de elevada masa térmica y además es posible generar procesos convectivos mediante el intercambio del aire entre los dispositivos y los espacios habitables. Para la vivienda se han utilizado los siguientes sistemas de aporte solar indirecto.

#### - Cerramientos de Alta Inercia Térmica:

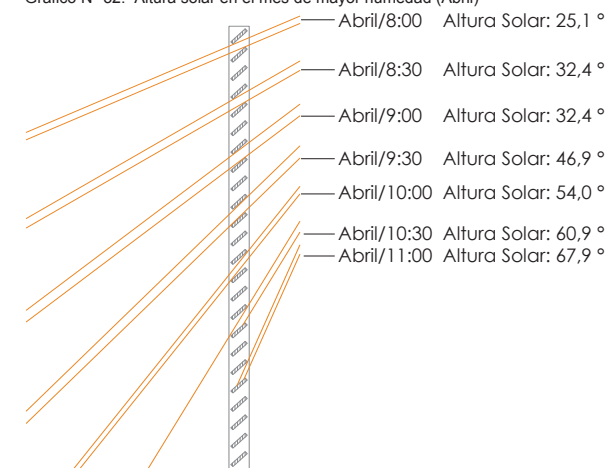
Considerando que la inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, se ha planteado el uso del ladrillo macizo, que cumple con esta función (ver Gráficos N° 33, 34 y 35). Para la selección del espesor del muro se ha considerado los valores recomendados por algunos autores en base al tipo de material y a la latitud del lugar, en este caso se ha utilizado un espesor de 24 cm, que es el necesario para que permita la liberación del calor en las horas requeridas, ya que tiene un desfase térmico (tiempo que tarda la onda de calor en atravesar el cerramiento desde la cara exterior hacia la interior) de 6 a 8 horas. Igualmente se ha optado por este material, debido a que tiene una conductividad

Gráfico N° 31.- Altura solar por meses durante las mañanas



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 32.- Altura solar en el mes de mayor humedad (Abril)



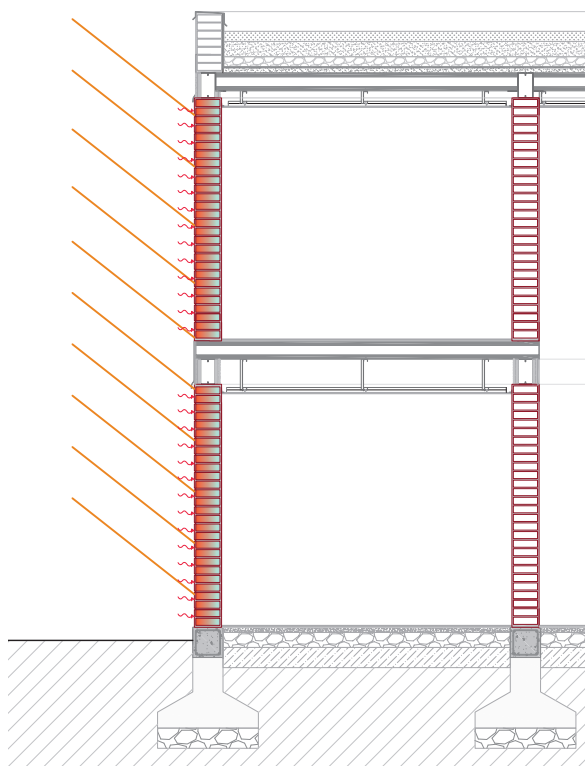
Elaboración: Grupo de Tesis



# III CAPÍTULO

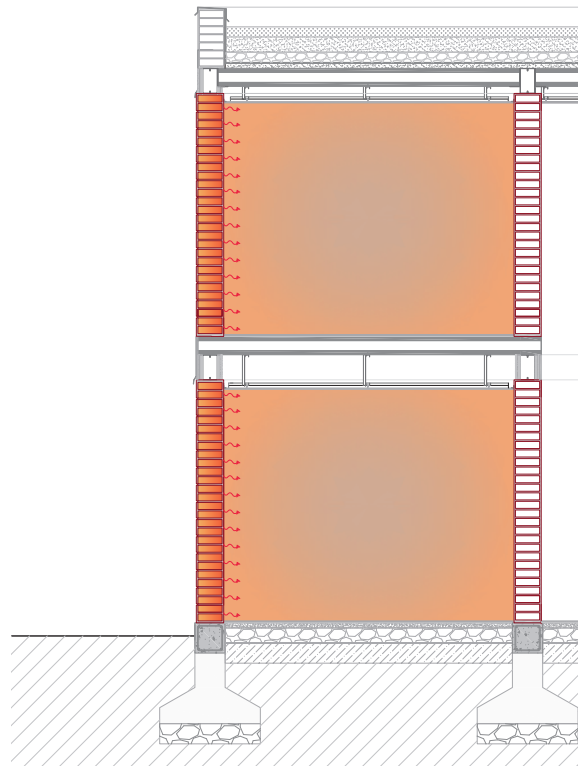
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 33.- CERRAMIENTOS INERCIA TERMICA: Captación y Acumulación



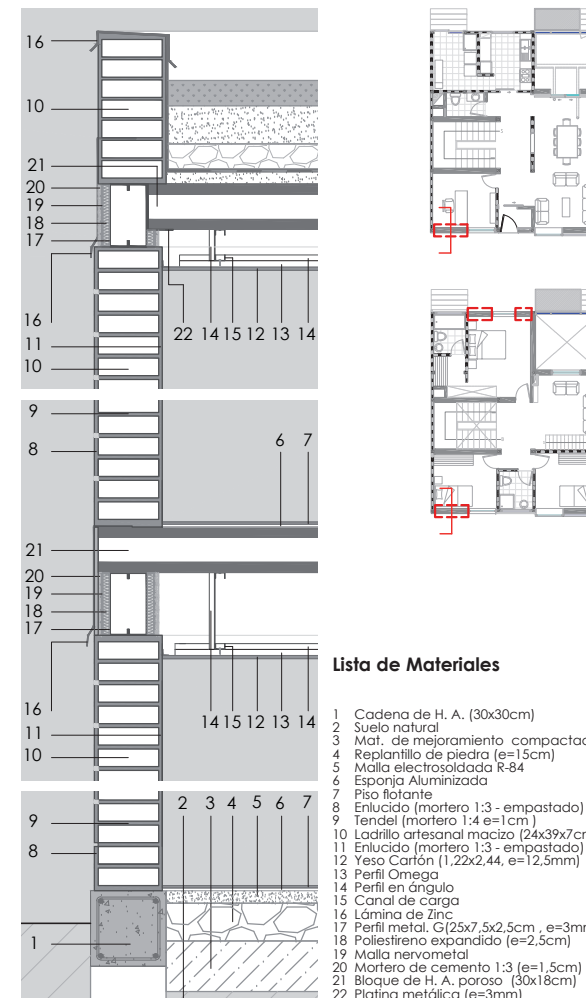
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 34.- CERRAMIENTOS DE INERCIA TERMICA: Distribución



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 35.- Sección constructiva de cerramientos de alta inercia térmica



## Lista de Materiales

- 1 Cadena de H. A. (30x30cm)
- 2 Suelo natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15cm)
- 5 Malla electrosoldada R-84
- 6 Espuma Aluminizada
- 7 Piso flotante
- 8 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 9 Tendel (mortero 1:4 e=1 cm)
- 10 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)
- 11 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 12 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 13 Perfil Omega
- 14 Perfil en ángulo
- 15 Canal de carga
- 16 Lámina de Zinc
- 17 Perfil metal. G(25x7,5x2,5cm, e=3mm)
- 18 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 19 Malla nervometal
- 20 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 21 Bloque de H. A. poroso (30x18cm)
- 22 Platina metálica (e=3mm)

térmica intermedia y mientras menor sea este valor, requerirá de menor espesor. De esta manera en la vivienda se ha utilizado este tipo de paredes en el eje X tanto en la fachada frontal como en la posterior, en los ambientes que requieren aprovechar de su energía acumulada.

Por otra parte se debe tener en cuenta que “la profundidad de un espacio que puede ser calentado de forma efectiva por radiación y convección natural a partir de una pared vertical cálida es de aproximadamente dos veces la altura de la pared”<sup>4</sup>, por lo que en el diseño de los espacios su profundidad es inferior a dicho límite.

**- Muro Trombe:** Este sistema está conformado por una pared de alta inercia térmica, un espacio de aire y una lámina de vidrio. En la vivienda ha sido localizado hacia el sol de la tarde en el dormitorio 2 y en la sala, en el primer caso se trata de un *muro trombe no ventilado* y en el segundo de un *muro trombe ventilado*. Su funcionamiento se basa en la captación de la radiación solar de onda corta la cual atraviesa el vidrio y calienta el muro, la radiación emitida por el muro de onda larga, no puede atravesar otra vez el vidrio, lo cual genera el efecto invernadero,

como consecuencia el aire de la cámara se calienta (ver Gráfico N° 37).

En el caso del *muro trombe no ventilado* resulta adecuado en zonas de uso continuo como dormitorios, pues la temperatura que alcanza la cámara de aire es superior a la del *muro trombe ventilado* permitiendo un mayor almacenamiento de energía durante el día y aprovechamiento durante la noche.

Con respecto al *muro trombe ventilado*, consiste en una serie de orificios ubicados en la parte superior e inferior de la pared, es apropiado para ambientes en el cual su uso es más inmediato y no se extiende hacia horas de la madrugada, de tal manera que este mecanismo se puede aprovechar durante el día, para ello una vez que el aire de la cámara se ha calentado se crea el llamado bucle convectivo o termosifón que es la circulación del aire caliente por convección natural, con lo cual el aire asciende y atravesando el muro por los orificios superiores, pasa al interior del local, el vacío que se crea en la cámara de aire succiona a través de los orificios inferiores del muro el aire frío del interior del local, lo que permitirá que el aire continúe circulan-

do y calentando la vivienda durante las horas de luz (ver Gráfico N°38). “El aire al moverse con ese procedimiento llega perfectamente hacia el fondo de la habitación, distribuyéndose correctamente”<sup>5</sup>. Debido a que este proceso se invierte en las noches, los orificios deben cerrarse (ver Gráfico N° 39). Como regla general el espacio entre el vidrio y la pared debe estar entre los 3 y 15 cm. En el primer caso es de 5 cm ya que no es necesaria la convección del aire, mientras que en el segundo caso es de 9 cm, pues se lo considera como el óptimo, ya que si este fuera menor a 3 cm las pérdidas de calor crecerían y la circulación del aire quedaría limitada. Por el contrario un espacio mayor a 15 cm las pérdidas de calor pueden ser grandes en la parte superior y laterales. El color de la superficie externa del muro en ambos casos es marrón oscuro para evitar las pérdidas por reflexión y permitir que absorba al máximo la energía. Para el dimensionamiento del muro acumulador en cuanto a su espesor se ha aplicado los mismos criterios usados para

<sup>4</sup> PROYECTORECONSOST: Investigación sobre el Comportamiento Térmico de Soluciones Constructivas Bioclimáticas, Servando Alvarez Dominguez, pág. 8

<sup>5</sup> Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, Javier Neila, pág. 267

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

los cerramientos de alta inercia térmica, es decir 24 cm (ver Tabla N° 1). Mientras que el área de muro que deberá ir cubierta de vidrio se ha obtenido mediante la aplicación de tablas que se encuentran en función del área útil del ambiente a calentar, (ver Tabla N° 2) el mismo que para lugares templados y una habitación entre los 9 y 11 m<sup>2</sup> sugiere una superficie de 5 m<sup>2</sup>. Los dos espacios de la vivienda antes mencionados cuentan con 9.80 m<sup>2</sup> cada uno, para lo cual la superficie de muro trombe utilizado, bordea lo sugerido. Los orificios serán de 10 x 10 cm cada uno y un total de 8, de los cuales 4 se coloca-

ran en la parte superior y 4 en la parte inferior, buscando que la distancia entre estas dos hileras sea la mayor posible. “Un inconveniente importante es la acumulación de polvo ocasionado por el movimiento del aire por lo que es necesario limpiar los vidrios una vez al año, este trabajo es delicado pues requiere desmontar completamente los vidrios”<sup>6</sup>, sin embargo en la vivienda se ha optado por la utilización de compuertas de vidrio herméticas, que podrán ser abiertas para su limpieza.

<sup>6</sup> Calefacción Solar para Regiones Frías, Jean Francois Rozis - Alain Guinebaults, pág. 34

Tabla N° 1.- Espesor y conductividad térmica recomendado para una alta inercia térmica según materiales

MATERIAL	ESPESOR RECOMENDADO (cm)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/ m. °C)
Adobe	20 a 30	0,45
Ladrillo común	25 a 35	0,63
Hormigón en masa	30 a 45	1

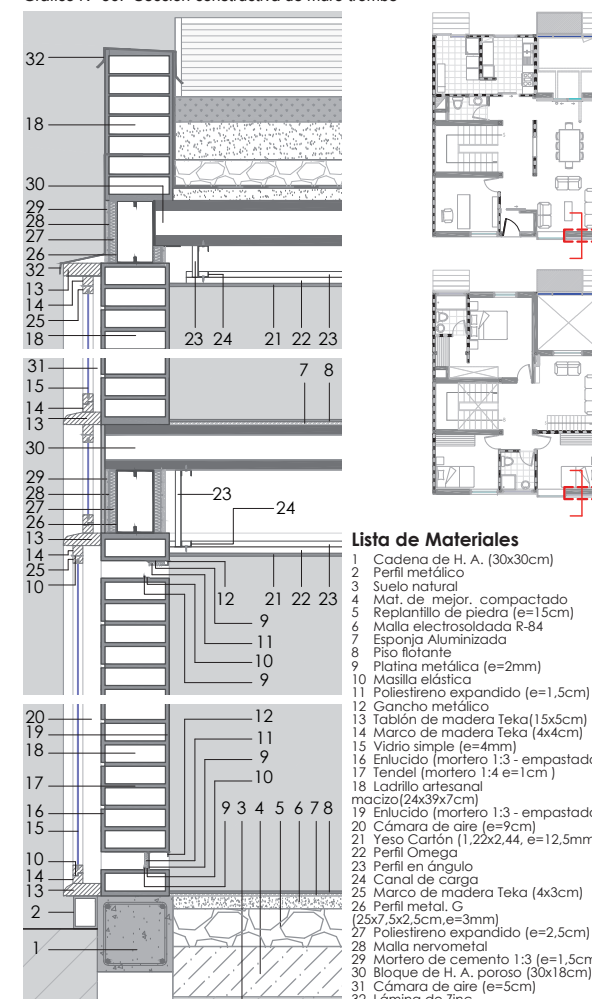
Fuente: El Libro de la Energía Solar Pasiva, Edward Mazria.

Tabla N° 2.- Área de muro trombe y num. de orificios, según área útil de habitación a calentar.

ÁREA DE LA HABITACIÓN (m <sup>2</sup> )	ÁREA DEL MURO TROMBE (m <sup>2</sup> ) Y NÚMERO DE ORIFICIOS EN LA PARED			
	LUGARES TEMPLADOS	N° DE ORIFICIOS	LUGARES FRÍOS	N° DE ORIFICIOS
9 a 11	5	8	7	10
12 a 14	6,5	10	9	14
15 a 17	8	12	11	16
18 a 20	9,5	14	13,5	20
21 a 23	11	16	15,5	24

Fuente: Los Muros Trombe, Grupo de Apoyo al Sector Rural - Pontificia Universidad Católica de Perú.

Gráfico N° 36.- Sección constructiva de muro trombe



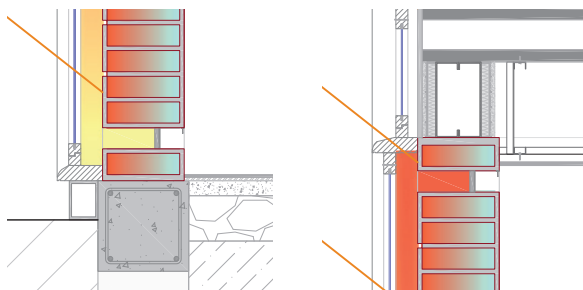
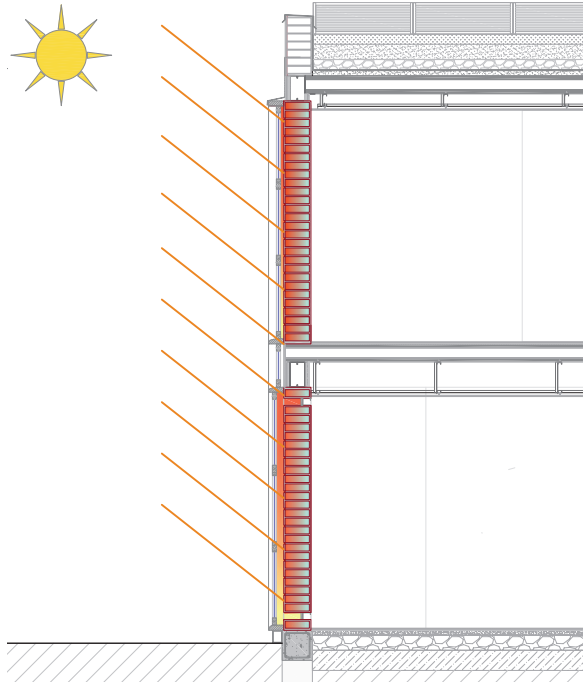
Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

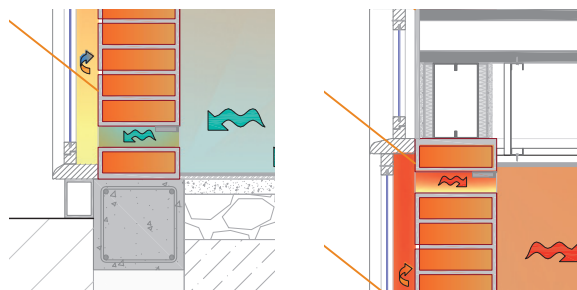
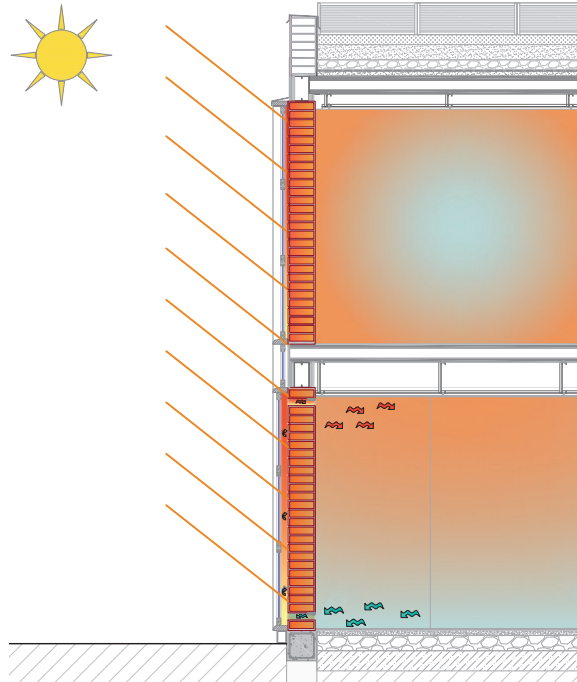
275

Gráfico N° 37.- MURO TROMBE: Captación



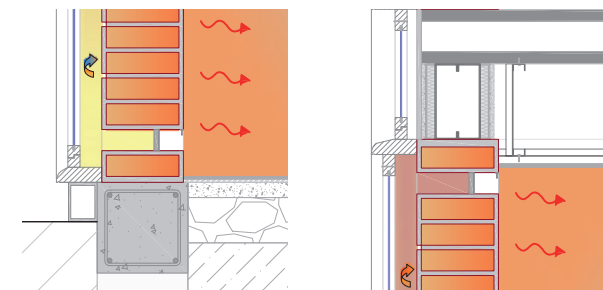
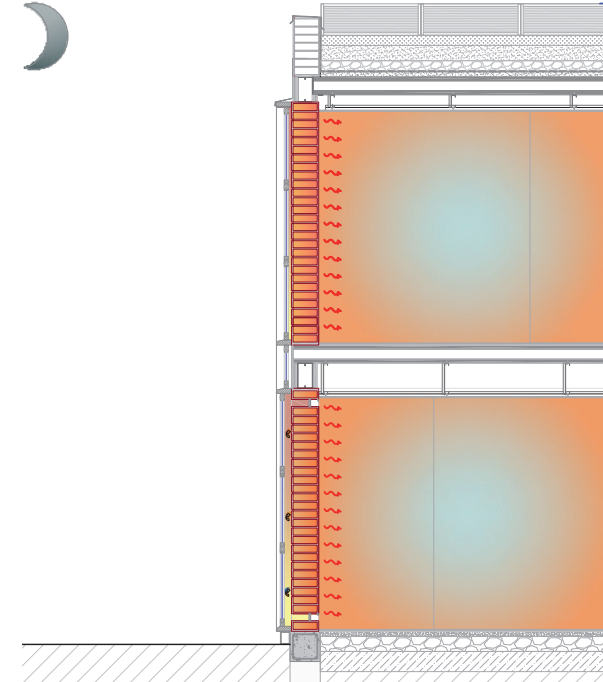
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 38.- MURO TROMBE: Acumulación



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 39.- MURO TROMBE: Distribución



Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

### C) Aporte Solar Aislado:

Este sistema implica la captura pasiva del calor del Sol, para posteriormente transportarlo dentro o fuera de la vivienda usando para ello un fluido. “En principio la captación solar y el almacenamiento están separados del espacio habitable, esta relación permite que el sistema funcione independientemente del edificio y que solo ceda el calor al mismo cuando se necesite”<sup>7</sup>.

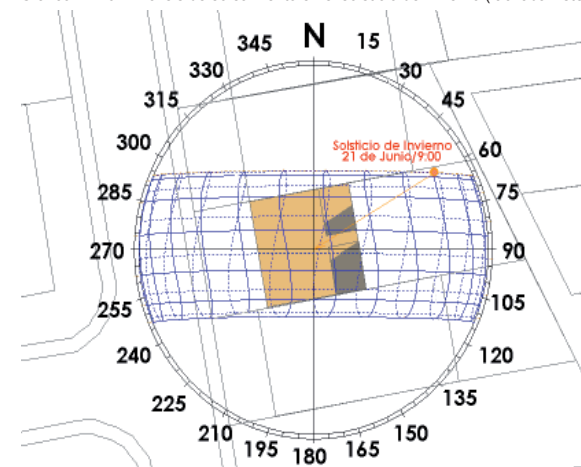
En el diseño de la vivienda se han aplicado los siguientes sistemas de aporte solar aislado.

**- Invernadero Adosado:** En la vivienda se plantea un invernadero adosado, el cual se encuentra orientado al Este, ubicado en la zona que recibe un mayor soleamiento en los meses que alcanzan menores temperaturas (Junio, Julio y Agosto), ya que como se puede ver en el Gráfico N° 40 las edificaciones contiguas no provocan sombras en esta parte de la fachada. Este invernadero adosado es una combinación de sistemas de aportes directos e indirectos. El sistema consiste en una pared pesada separando el invernadero de la edificación, el cual

al estar directamente soleado funciona como un sistema de aporte directo, pero al mismo tiempo el local adyacente recibe el calor de la pared pesada transformándose en un sistema indirecto.

“La longitud de onda de la radiación solar que llega a la tierra se encuentra comprendida en su mayor parte, entre 300 y 3500 nm (nanómetros). Los vidrios por su parte son permeables a la radiación de onda corta, es decir longitudes menores de 2500 nm, lo que supone la mayor parte de la radiación.”<sup>8</sup> No toda la radiación de onda corta que incide sobre el vidrio lo atraviesa, ya que parte lo refleja y parte es absorbida por él. El porcentaje de radiación reflejada depende del ángulo de incidencia, sin embargo de manera general es un 7%. Por otra parte la energía absorbida por el vidrio, es cedida tanto al ambiente exterior como interior por radiación y convección. El resto de la radiación penetra calentando los cuerpos contra los que incide, paredes, suelos, muebles, etc, aunque no directamente el aire, ya que la energía radiante se comporta de este modo, sin embargo el aire termina calentándose por convección, al ponerse en contacto con los objetos previamente calentados por radiación.

Gráfico N° 40.- Análisis de soleamiento en el solsticio de invierno (fachada Este)



Elaboración: Grupo de Tesis

Todos estos cuerpos emiten radiación de onda de unos 11000 nm, longitud a la que el vidrio es completamente opaco. De este modo el vidrio se convierte en una trampa de calor pues permite la entrada de energía pero no su salida (ver Gráficos N° 41 y 42). Sin embargo la onda larga aunque no logra atravesar el vidrio si lo calienta, al mismo tiempo que se calienta por convección en contacto con el aire interior, dando la posibilidad

<sup>7</sup> Energía Solar Pasiva, Edward Mazria, pág. 69

<sup>8</sup> Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, Javier Neila, pág. 274



### III CAPÍTULO

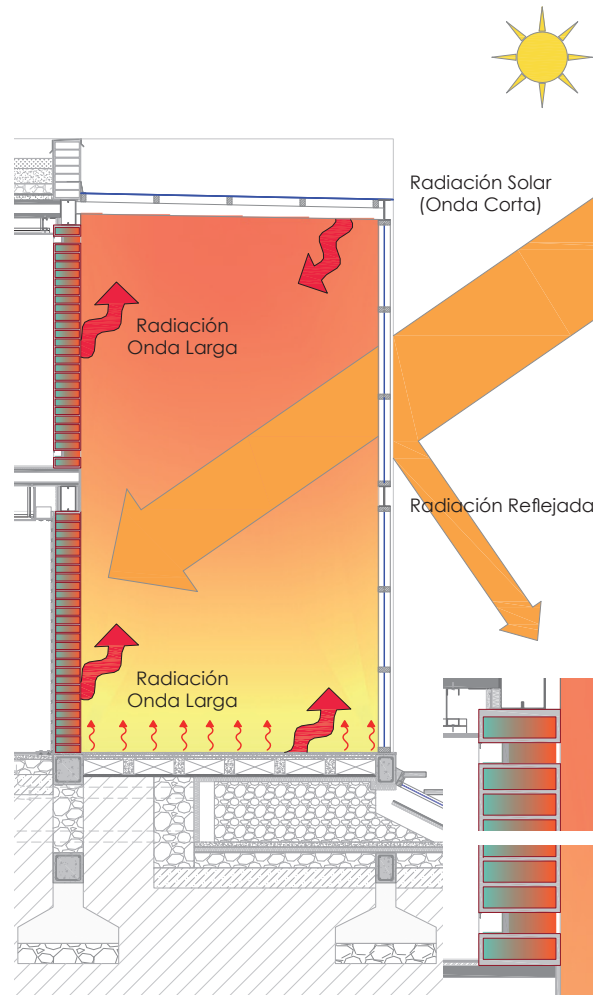
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

277

de que la energía se pierda por convección o por la irradiación del vidrio caliente hacia el exterior. El mejor procedimiento es no permitir que el aire del invernadero se caliente excesivamente, lo que llevaría a grandes pérdidas por transmisión. Para ello en la vivienda se ha optado por transmitir parte de este aire calentado hacia una de las habitaciones contiguas, siendo el *estar* de planta alta el ambiente beneficiado, para ello se ha colocado unos orificios en la parte superior e inferior de la pared compartida con el invernadero, cuyo funcionamiento es igual que el muro trombe (ver Gráficos N° 43 y 44). Otro procedimiento complementario es la utilización de materiales de alta inercia térmica en el invernadero para que absorban la energía calorífica. De esta manera los ambientes como el dormitorio 1 y el comedor reciben la energía acumulada en sus paredes (ver Gráfico N° 45). Y con la finalidad de retrasar la pérdida de calor en el invernadero el piso utilizado es de hormigón, el mismo que al recibir radiación solar durante algunas horas, después empieza con un proceso de ceder el calor almacenado.

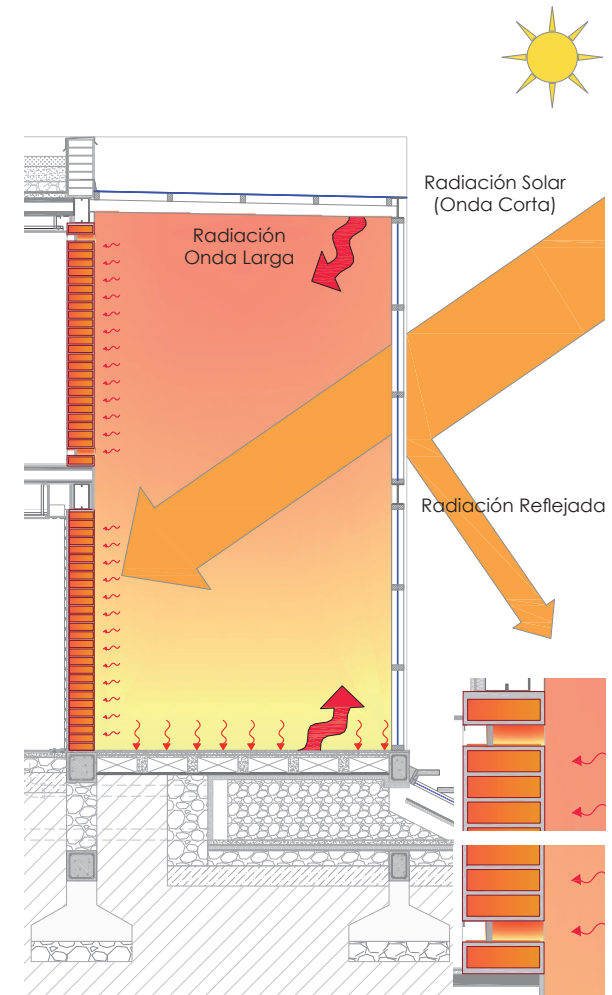
El comedor al estar compuesto por puertas corredizas de vidrio, al ser abiertas

Gráfico N° 41.- INVERNADERO ADOSADO: Captación



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 42.- INVERNADERO ADOSADO: Acumulación

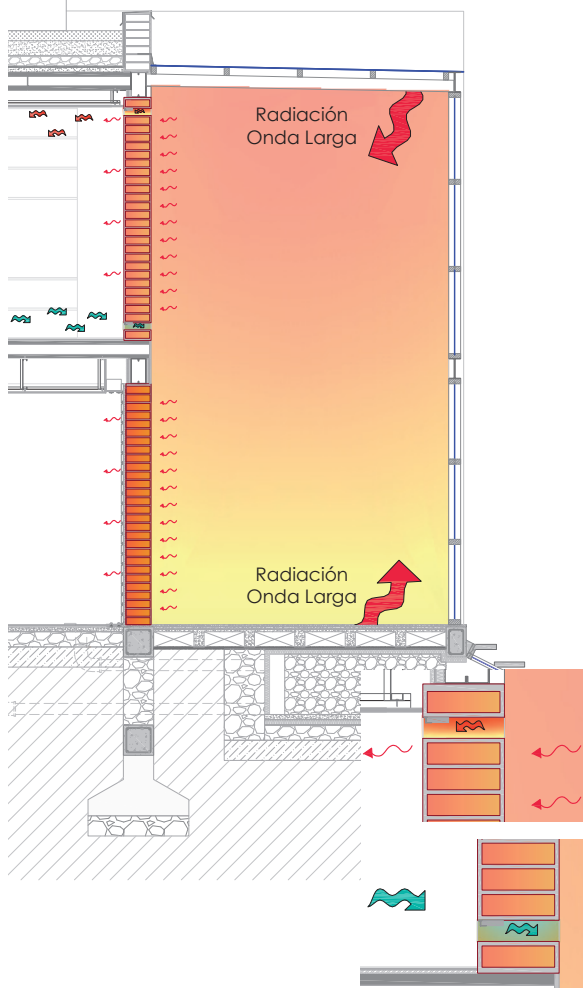


Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

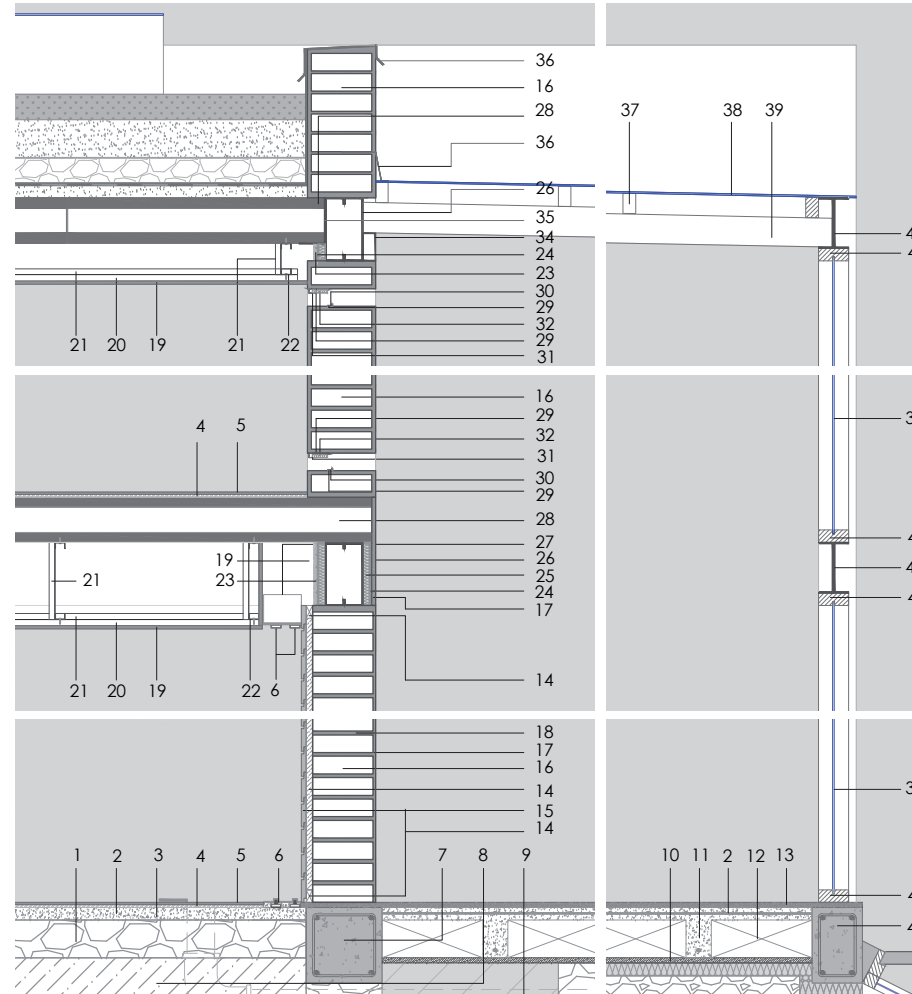
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 43.- INVERNADERO ADOSADO: Acumulación



Elaboración: Grupo de Tesis

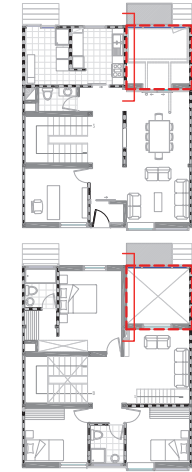
Gráfico N° 44.- Sección constructiva de invernadero adosado



Elaboración: Grupo de Tesis

## Lista de Materiales

- 1 Reglante de piedra (e=15cm)
- 2 Malla electrosoldada K-84
- 3 Losa de Hormigón (e=5cm)
- 4 Espuma Aluminizada
- 5 Piso flotante
- 6 Riel de Aluminio
- 7 Cadena de H. A. (30x30cm)
- 8 Mat. de mejoramiento compactado
- 9 Suelo Natural
- 10 Encotrado (tablero de madera)
- 11 Losa Nervada H.A.
- 12 Bloque de pómez (40x20x15cm)
- 13 Hormigón estampado
- 14 Tira de madera (5x2,5cm)
- 15 Moldura de madera (10x2cm)
- 16 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)
- 17 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 18 Tendel (mortero 1:4 e=1cm)
- 19 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 20 Perfil Omega
- 21 Perfil en ángulo
- 22 Canal de carga
- 23 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 24 Malla nervometal
- 25 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 26 Perfil metal. G (25x7,5x2,5cm, e=3mm)
- 27 Platina metálica (e=4mm)
- 28 Bloque de H.A. poroso (30x18cm)
- 29 Platina metálica (e=2mm)
- 30 Masilla elástica
- 31 Gancho metálico
- 32 Poliestireno expandido (e=1,5cm)
- 33 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 34 Perfil metálico C (10x5cm, e=3mm)
- 35 Platina metálica (e=3mm)
- 36 Lámina de zinc
- 37 Tira de madera (8x5cm)
- 38 Vidrio laminado (e=6mm)
- 39 Viga de madera (12x4cm)
- 40 Perfil metálico I (20x6, e=5mm)
- 41 Marco de madera Teka (10x5cm)
- 42 Cadena de H.A. (20x30cm)

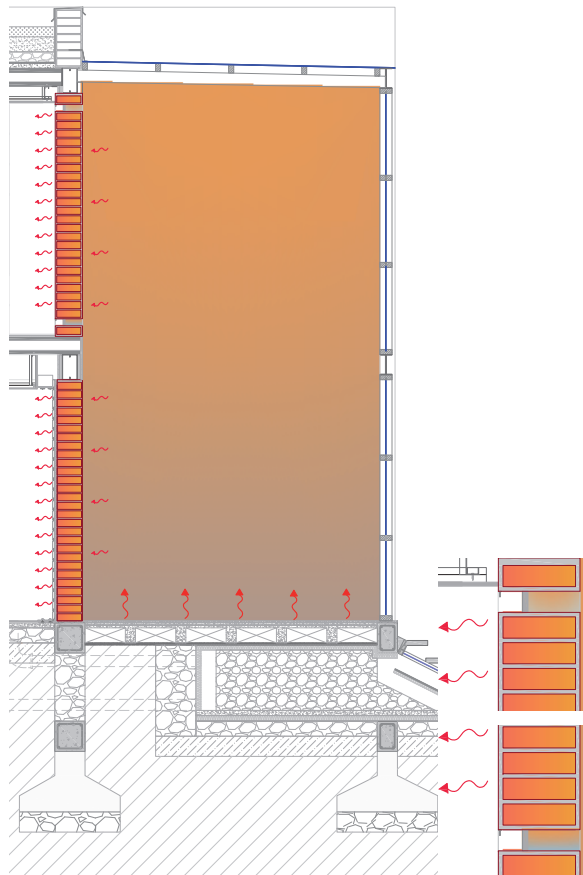


# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

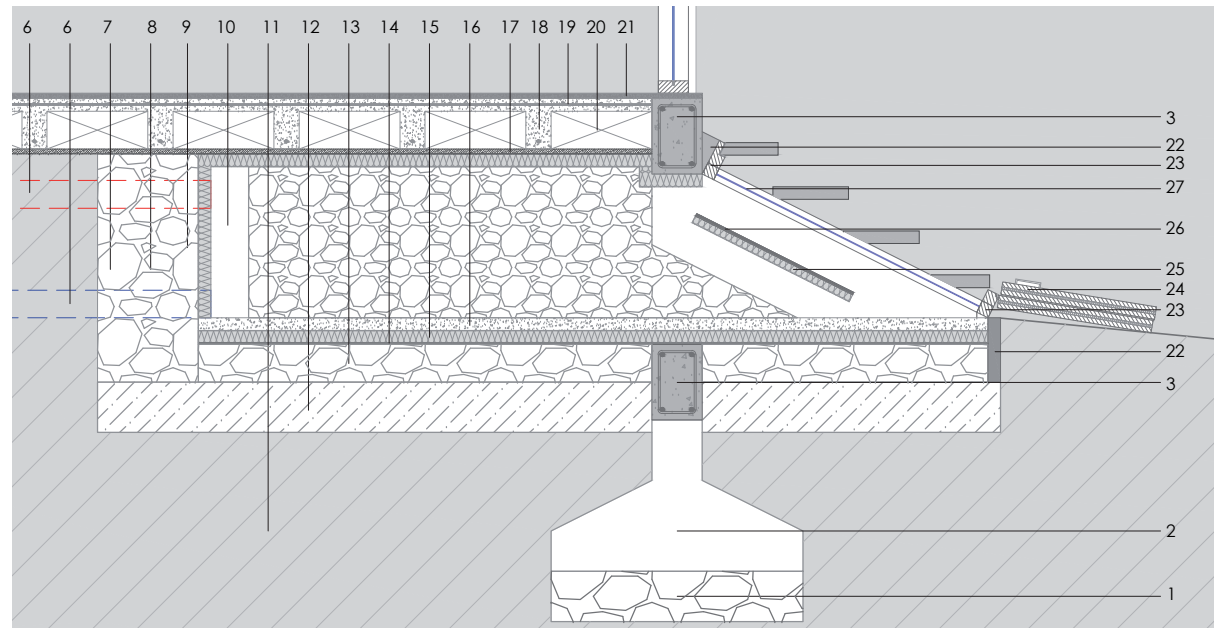
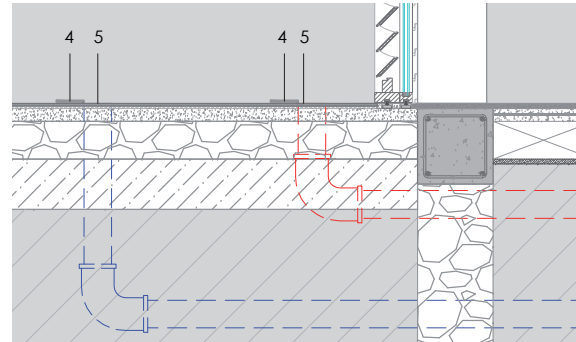
279

Gráfico N° 45.- INVERNADERO ADOSADO: Aislación



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 46.- Sección constructiva de lecho de rocas



Elaboración: Grupo de Tesis

## Lista de Materiales

- 1 Replanteo de piedra (e=20cm)
- 2 Zapata de H.A.
- 3 Cadena de H. A. (20x30cm)
- 4 Platina metálica (e=3mm)
- 5 Masilla elástica
- 6 Tubería de PVC Ø 110mm
- 7 Muro de Hormigón Ciclopeo
- 8 Piedras Ø 10cm
- 9 Malla de gallinero
- 10 Cámara de aire (e=15cm)
- 11 Suelo natural
- 12 Mat. de mejoramiento compactado
- 13 Replanteo de piedra (e=15cm)
- 14 Polietileno
- 15 Poliestireno expandido (e=5cm)
- 16 Losa de Hormigón (e=5cm)
- 17 Encofrado (tablero de madera)
- 18 Losa nervada H.A.
- 19 Malla electrosoldada R-84
- 20 Bloque de pómez (40x20x15cm)
- 21 Hormigón estampado
- 22 Borde de Hormigón Simple
- 23 Marco de madera (4x5cm)
- 24 Tablero de madera (e=2cm)
- 25 Poliestireno expandido (e=3cm)
- 26 Lámina de Zinc (color negro)
- 27 Vidrio (e=4mm)





podrá intercambiar el aire frío con el aire calentado por el invernadero durante el día, en la noche dichas puertas cuentan con un cerrado especial.

Con respecto al dimensionamiento de cada uno de los elementos que lo componen, para el espesor del muro se ha tomado el criterio aplicado para la selección del muro captador explicado anteriormente es decir de 24 cm mas enlucido a cada lado y pintado de color marrón oscuro hacia el exterior para evitar pérdidas por reflexión. Con respecto al área de vidrio necesario para calentar el *invernadero*, de manera que se pueda aprovechar de este en el *dormitorio 1*, el *estar* y el *comedor*, se obtiene en base a la suma del área útil total de los 3 ambientes y multiplicado por un factor recomendado para climas templados, que se encuentra en un rango de 0.33 y 0.9 m<sup>2</sup> según el autor Edward Mazria. El indicador utilizado es de 0.62 m<sup>2</sup> (promedio) de vidrio por cada metro cuadrado de superficie útil, con lo cual el área requerido será de 25.43 m<sup>2</sup>. Para que se pueda cumplir con dicha superficie obtenida el invernadero será de doble altura siendo de vidrio la cara expuesta al sol y la cubierta

**- Sistema de Almacenamiento de Calor Mediante Lecho de Rocas:** Básicamente este mecanismo consiste en un contenedor en donde se colocan piedras de pequeño tamaño y conductos de entrada y salida de aire. Las rocas almacenan el calor procedente de los captadores hasta que se hace preciso que lo devuelvan. “Las rocas son buenos como medio de almacenamiento debido a que tienen una gran densidad, bajo costo, conductividad térmica baja y no tienen problemas de corrosión.”<sup>9</sup>

En la vivienda el lecho de rocas se encuentra orientado hacia el Este, con el objetivo de captar y almacenar energía solar durante la mañana y que el calor se libere hacia el ambiente interior durante la tarde (ver Gráficos N° 46, 47 y 48).

Este sistema está compuesto de un captador solar plano, el cual a su vez está constituido por una placa absorbente (lamina de zinc), cuya misión es recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido caloportador es decir al aire. Para conseguir aumentar el efecto de absorción de la radiación solar la placa se encuentra recubierta con pintura negra mate, evitando así en lo posible

el fenómeno de la reflexión. Además en la parte posterior de la placa se ha colocado un aislante térmico (poliestireno expandido de 3 cm de espesor), para reducir las pérdidas de calor por conducción. Sobre esta placa se localiza una superficie transparente (vidrio 4mm), la cual es la encargada de producir el efecto invernadero, ya que ésta deja pasar la radiación solar, pero es opaca a las radiaciones emitidas por la placa absorbente, las paredes del contenedor y las rocas.

Considerando que en el solsticio de invierno la altura solar es de 63° a las 12:00, que es la hora de mayor radiación solar en la mañana, con el objetivo de que esta incida perpendicularmente en el vidrio, éste tiene una inclinación de 27°. Así mismo sabiendo que en ausencia de sol, a través del vidrio se producen importantes pérdidas de calor, la superficie captadora cuenta con una compuerta de madera con aislamiento térmico (poliestireno expandido) que se cierra durante las noches (ver Gráfico N° 49).

.....  
<sup>9</sup> Tesis Diseño y Construcción de un Modelo de Intercambiador de Calor de Celdas Parabólicas con Almacenamiento Térmico, para Calentamiento de un Invernadero de 40m<sup>2</sup>, Rubén Taipe - Cristian Acosta, pág. 62

### III CAPÍTULO

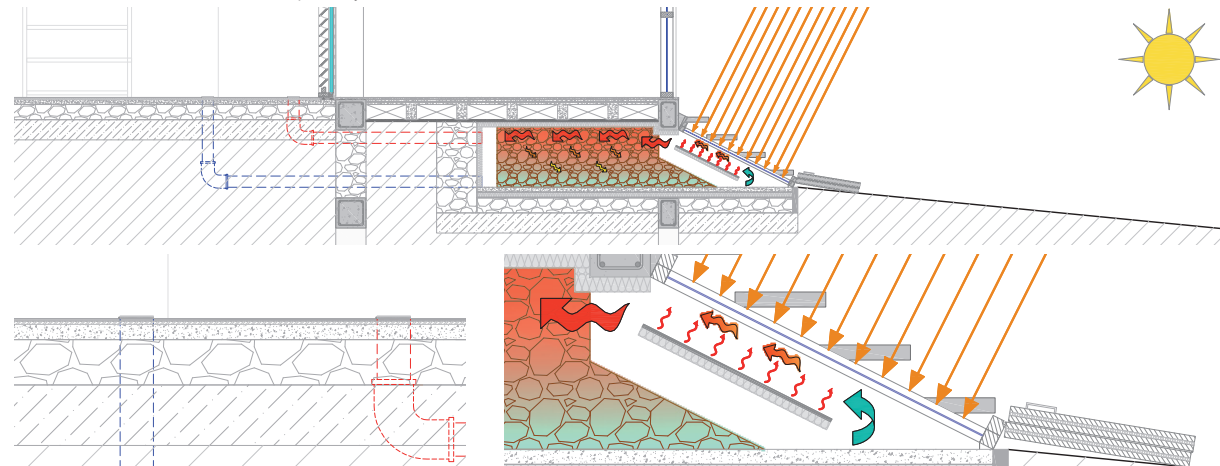
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

281

Por otra parte el contenedor del lecho de rocas está constituido por paredes de hormigón ciclópeo, y el piso es una losa de hormigón, los cuales se encuentran recubiertas con poliestireno expandido de 5 cm de espesor, para evitar las pérdidas del calor almacenado en las rocas. Si bien la estructura celular cerrada del poliestireno expandido limita la absorción de agua al mínimo, al encontrarse en contacto con el replantillo de piedra, se ha considerado necesario colocar entre éste y el poliestireno expandido una membrana de polietileno, cuya función es minimizar la transmisión de vapor de agua desde el suelo portante hacia el aislante térmico y la losa de hormigón. Esto es necesario debido a que la presencia de humedad en los elementos constructivos aumenta su capacidad para conducir el calor, por lo que las pérdidas de éste a través de la envolvente serían mayores.

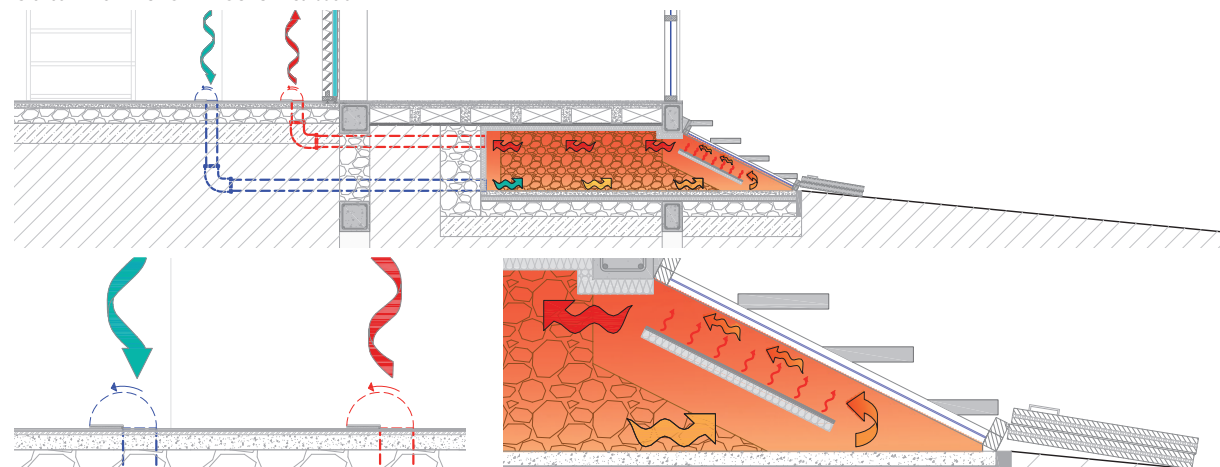
Otro de los elementos que componen este sistema, es el fluido que transporta el calor almacenado por las rocas hacia el interior del ambiente, es decir el aire. Este fluye por convección natural (el aire cuando se calienta disminuye su densidad y tiende a subir) a través de dos tuberías de PVC, de las cuales la una

Gráfico N° 47.- LECHO DE ROCAS: Captación y Acumulación



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 48.- LECHO DE ROCAS: Distribución



Elaboración: Grupo de Tesis



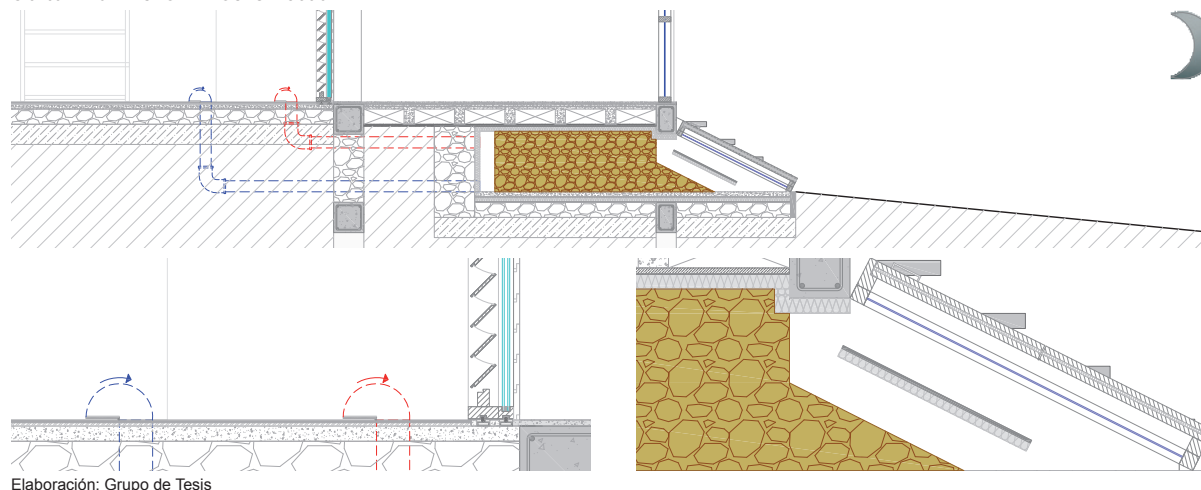
### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

es para la circulación de aire frío desde el ambiente hacia el lecho de rocas y de aire caliente en sentido contrario (ver Gráfico 48). Estas tuberías se encuentran en la zona del comedor y permanecen cerradas en ausencia de sol.

En cuanto a las dimensiones de un lecho de rocas, este tiene una profundidad de 1,6 m ya que generalmente se recomienda que éste tenga entre 1,5 a 2,5 m de longitud en la dirección del flujo de aire. Igualmente según lo recomendado en el libro *Energía Solar Pasiva* de Edward Mazria, para el volumen de rocas en climas templados debe preverse entre 0,5 a 1 m<sup>3</sup> por cada m<sup>2</sup> de superficie captora, por lo que optando por este segundo valor, al tener una superficie captadora de 3 m<sup>2</sup> el volumen de rocas es igual a 3 m<sup>3</sup>. Con respecto a las rocas, éstas tienen entre 3,5 y 10 cm de diámetro, siendo de preferencia redondas y de un tamaño aproximadamente igual, de manera que se calienten uniformemente. Las piedras utilizadas son de color oscuro, con el objetivo de que permitan una mayor absorción de la radiación solar. Por otro lado es necesario que el contenedor de rocas conste de unas zonas de aire en los extremos, denominados ple-

Gráfico N° 49.- LECHO DE ROCAS: Aislación



Elaboración: Grupo de Tesis

nums, que tienen la función de ofrecer un espacio para que el aire circule por todas las cavidades entre las rocas. El espesor de la zona de cada plenum debe ser el 8% (recomendado en el libro *Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado* de William Whitman) de la sección transversal del contenedor, por lo que en este caso tienen un ancho de 15 cm.

#### D) Aislamiento Térmico:

Tanto las paredes como la cubierta juegan un papel fundamental en los intercambios de calor entre el edificio y el

exterior, por lo que están fuertemente condicionadas por el diseño del aislamiento térmico, “de hecho las pérdidas de calor por conducción, a través de la envolvente representan aproximadamente, más de las dos terceras partes de las pérdidas totales del edificio.”<sup>10</sup> Es así que un adecuado aislamiento térmico constituye un complemento para controlar las pérdidas del calor ganado y almacenado a través de los sistemas directos, indirectos

<sup>10</sup> Tecnología Solar, M. Ibañez Plana - J.R. Rosell Polo - J.I. Rosell Urrutia, pág. 69

tos y aislados explicados anteriormente. De esta manera es necesario tomar algunas medidas, como el uso de materiales aislantes en la envolvente del edificio, los cuales se describen a continuación.

**- Aislamiento en Paredes:** El aislamiento de un elemento constructivo está vinculado a los tres mecanismos de transferencia de calor, que son la conducción, la convección y la radiación, siendo el aislamiento conductivo mediante materiales aislantes el más habitual, ya que “reduce el ritmo de transmisión de calor a través de los cerramientos y es eficaz cuando hay grandes diferencias de temperatura entre el interior y el exterior. Si bien nunca sobra la presencia de un material aislante resulta imprescindible cuando la diferencia de temperaturas supera los 10° C.”<sup>11</sup>

Es así que al conocer que la amplitud térmica diaria en la ciudad de Cuenca se encuentra entre aproximadamente 9 y 10 °C, se ha visto la necesidad de plantear paredes con aislamiento térmico en las dos fachadas laterales que se encuentran adosadas (ver Gráfico N° 50), ya que estas superficies no constituyen un medio de ganancias solares sino que podrían ocasionar pérdidas del

calor captado y almacenado al interior de la vivienda. Es importante mencionar que si estas paredes no se encontraran adosadas, tampoco representarían un medio eficiente de ganancias solares, ya que al estar orientadas hacia el Norte y Sur, la primera recibiría soleamiento únicamente el período cercano al solsticio de invierno y la segunda en la época cercana al solsticio de verano. De igual manera, en las divisiones interiores se proponen paredes con aislamiento térmico en las zonas de cocina, lavandería y baños, ya que estos espacios requieren una mayor ventilación, lo cual provocaría pérdidas de calor a los demás ambientes de la vivienda, por esta razón se encuentran completamente aislados.

Estas paredes mencionadas están conformadas por bloques prefabricados de Hormigón Poroso, que tienen una cavidad en su interior, la cual se encuentra rellena con un material aislante (ver Gráfico N° 51) El hormigón poroso es adecuado como aislante térmico, ya que el aire seco contenido en sus poros tiene una baja conductividad térmica, por lo que un material mientras más poroso por lo general es un mejor aislante. Si bien las paredes estarán impermeabili-

zadas mediante un enlucido, es preciso tener en cuenta que los materiales porosos absorben y permiten la penetración del agua, mientras mayor número de poros mayor capacidad de absorción tendrá el material, es por ello que para la elección del material aislante se ha tomado en cuenta que a más de limitar la conductividad térmica sea resistente a la humedad, ya que “el aire presente en los poros, si no se toman las precauciones adecuadas, puede ser reemplazado por agua cuya conductividad es casi 20 veces mayor que la del aire.”<sup>12</sup> Es por ello que se ha optado por el poliestireno expandido conocido como espuma flex, ya que este material tiene los poros cerrados y no existe ninguna comunicación entre estas cavidades, lo cual produce un cerramiento impermeable a la humedad, por lo que se puede exponer a ésta sin perder su propiedad aislante. Otra de las características de este material es que no es atacado por los agentes atmosféricos, tiene permeabilidad frente al vapor y resiste a la acción destructora de hongos, bacterias, etc.

<sup>11</sup> Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, *Javier Neila*, pág. 345

<sup>12</sup> Fundamentos sobre Ahorro de Energía, *Juan José Soto Cruz*, pág. 2-14

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 50.- Trayectoria solar y comportamiento de la aislación térmica

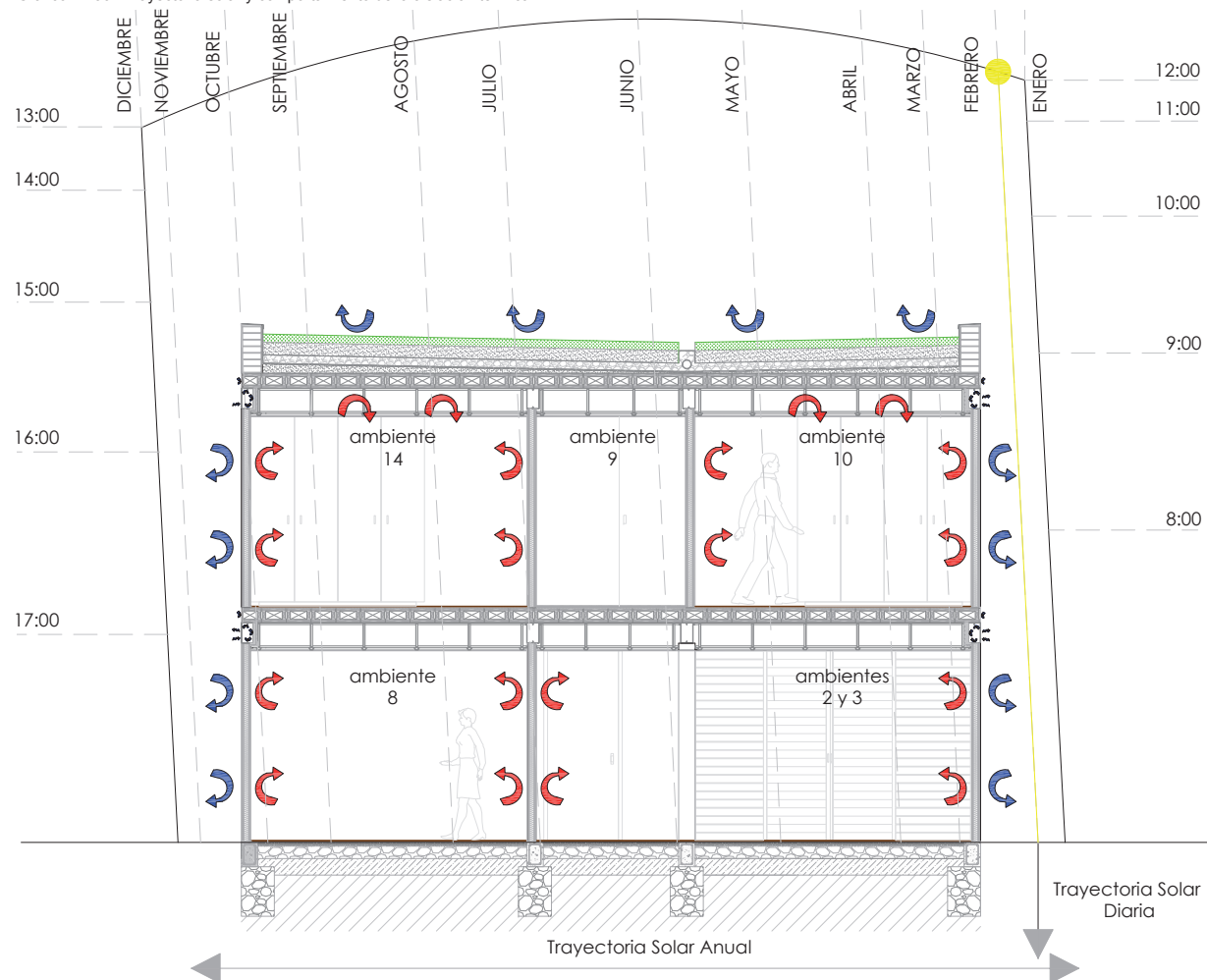
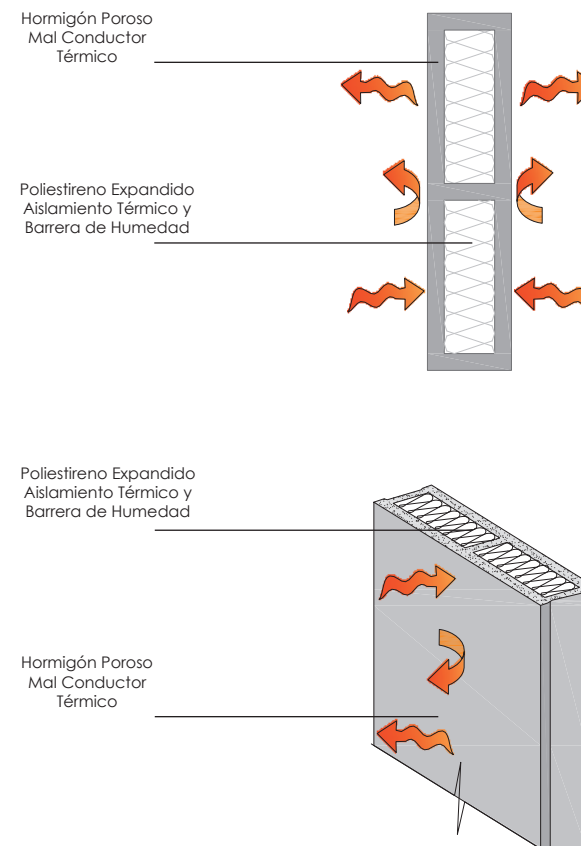


Gráfico N° 51.- Prefabricados de hormigón con aislamiento térmico



Elaboración: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

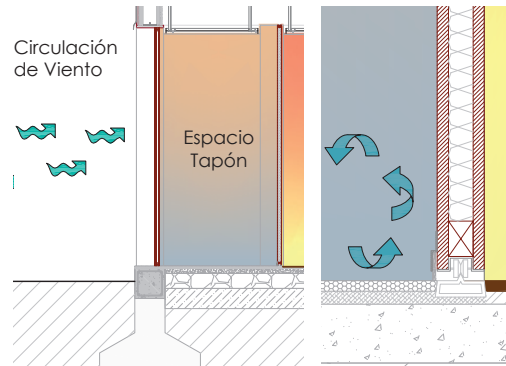
285

#### - Aislamiento en Puertas y Ventanas:

En cuanto a la protección de la entrada principal, cuando se abre la puerta ingresa una gran cantidad de aire al espacio contiguo, ésta infiltración de aire frío unida a las pérdidas por transmisión a través de la puerta puede representar hasta un 10% de pérdidas totales del calor del edificio, por lo que se recomienda que el ingreso se transforme en un pequeño espacio cerrado (vestíbulo) que proporcione una separación entre la edificación y el exterior (ver Gráfico N°52).

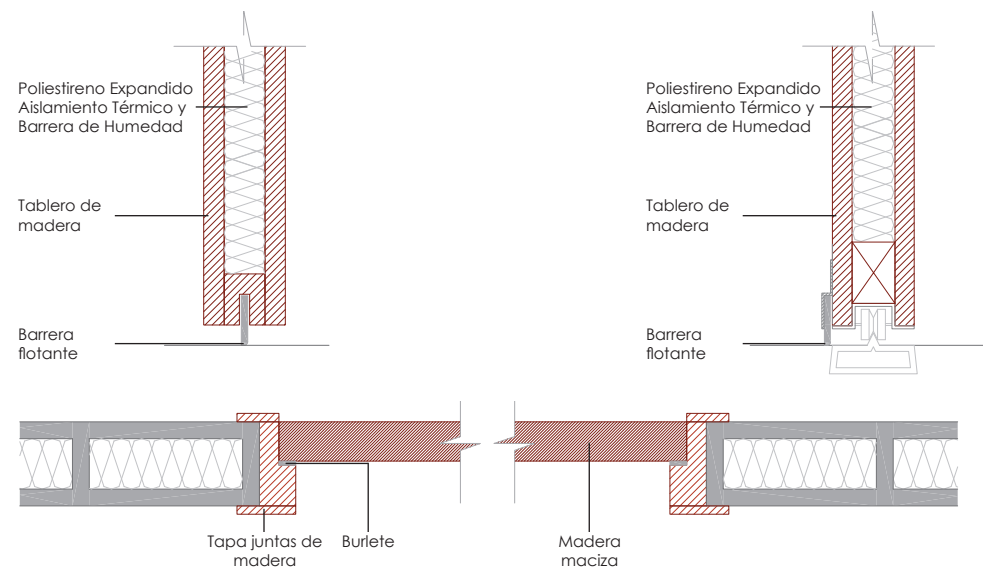
Además para disminuir las pérdidas de calor a través de la envolvente, la puerta de acceso principal a la vivienda está constituida por dos tableros de madera y una capa de poliestireno expandido en su interior. Igualmente en las rendijas de la puerta principal, del invernadero y espacios que se encuentran aislados por ventilación, se plantea la colocación de burletes adhesivos, que pueden reducir la entrada de aire frío en más del 50%, así como también la parte inferior de la puerta es estanca a las infiltraciones debido a la colocación de una barrera flotante (ver Gráfico N°53). En relación a las ventanas, como se explicó en el tema de Aporte Solar Directo,

Gráfico N° 52.- Doble acceso



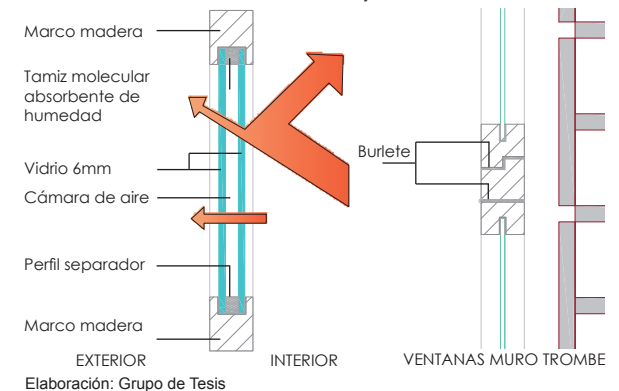
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 53.- Aislación puertas : barreras flotantes y poliestireno expandido



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 54.- Aislación ventanas: doble vidrio y burletes adhesivos



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

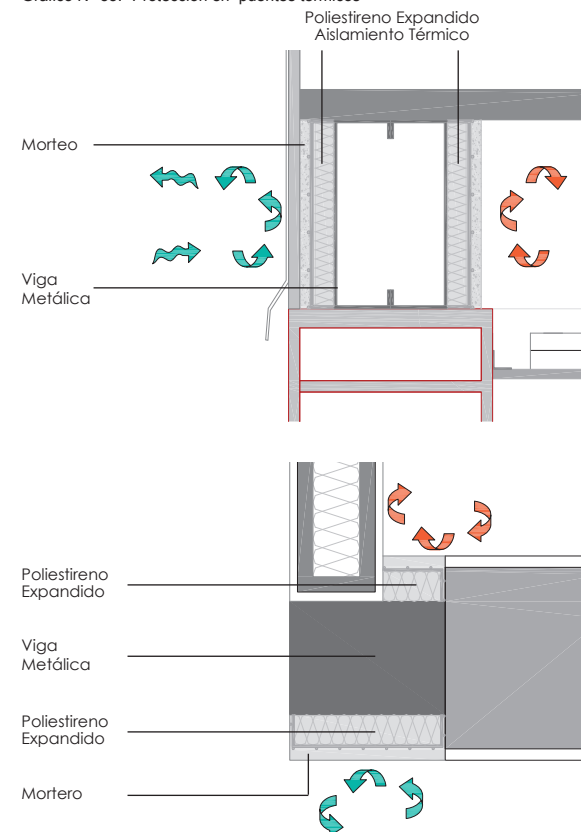
se ha utilizado doble vidrio en las zonas en donde se requiere conservar el calor captado y almacenado. Igualmente con el objetivo de proteger frente a las infiltraciones de viento que puedan afectar la sensación térmica al interior de la edificación, las rendijas de los marcos cuentan con burletes adhesivos (ver Gráfico N°54).

**- Puentes Térmicos:** Para asegurar un buen comportamiento térmico de la envolvente a más de que la aislación térmica se encuentre bien instalada, es importante evitar la presencia de puentes térmicos, que “corresponden a una interrupción en el comportamiento térmico de una envolvente y en ellos se genera una mayor transmisión de calor hacia el exterior en períodos fríos del año. Se producen en encuentros entre elementos de la envolvente (esquinas) y en discontinuidades en la aislación térmica de cierto sistema constructivo. Estos elementos constituyen puntos de alto riesgo de condensación superficial, pues provocan zonas frías puntuales en la superficie interior.”<sup>13</sup> Es así que los elementos estructurales de la vivienda, serían puentes térmicos en la envolvente de la edificación, ya que al ser metálica presenta una conductividad térmica (  $47\text{-}58 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  ) sig-

nificativamente mayor que los muros. Por esta razón para evitar pérdidas de calor a través de estos elementos, se ha planteado la utilización de poliestireno expandido como aislante térmico (ver Gráfico N°55).

**- Aislamiento en Cubierta:** Uno de los mecanismos efectivos utilizados para incrementar el aislamiento térmico en la cubierta de la edificación es la implementación de una cubierta ajardinada, ya que la vegetación hace de un colchón de aire encerrado, el mismo que cumple el papel de una capa de aislante térmico, y cuanto más denso y grueso sea éste, mayor es el efecto de aislación. Además “una parte de la radiación calórica de onda larga emitida por el edificio es reflejada por las hojas y otra parte absorbida”<sup>14</sup>, de manera que las pérdidas de calor por radiación de la cubierta disminuyen. Igualmente cuando se trata de una vegetación bastante densa, esto impide que el viento llegue a la superficie del sustrato o base sobre la cual crecen las plantas, es así que al casi no existir movimiento de aire en esta zona, la pérdida de calor por convección se aproxima a cero (ver Gráficos N°56 y 57 ). Es importante aclarar que en edificios sin protección térmica mejorada las pérdidas de calor por acción

Gráfico N° 55.- Protección en puentes térmicos



Elaboración: Grupo de Tesis

<sup>13</sup> Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*, pág. 78

<sup>14</sup> Techos Verdes, *Gernot Minke*, pág. 16

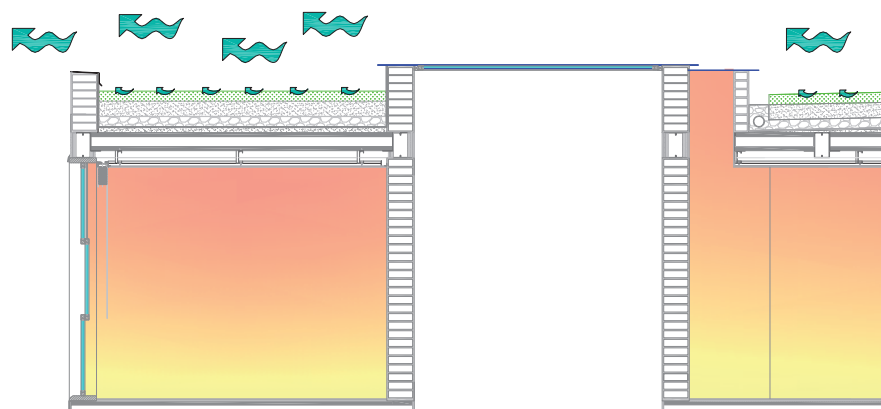


# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

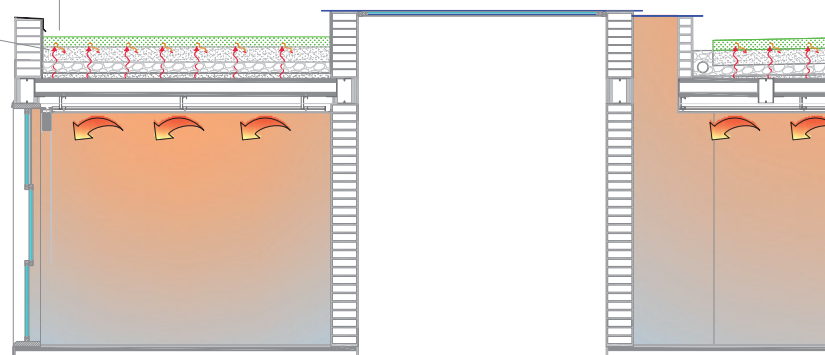
287

Gráfico N° 56.- Protección de vientos con cubierta vegetal  
Circulación Viento



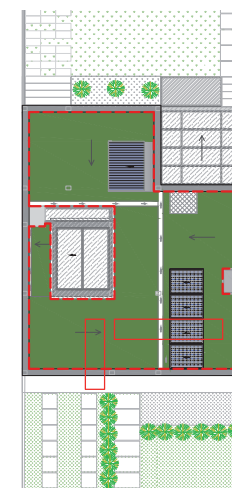
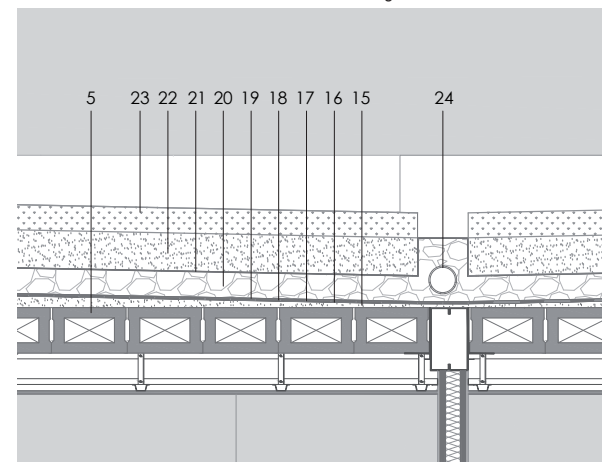
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 57.- Aislamiento térmico con cubierta vegetal  
Rad. de Onda Larga Emitida por la Cubierta  
Rad. de Onda Larga Reflejada por la Vegetación

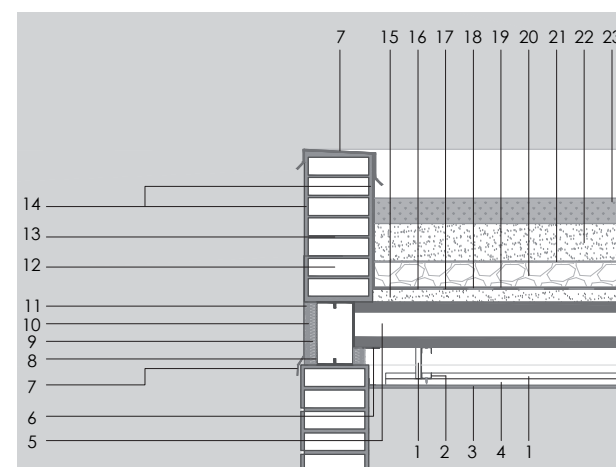


Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 58.- Sección constructiva de Cubierta Vegetal



## Lista de Materiales



- 1 Perfil en ángulo
- 2 Canal de carga
- 3 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 4 Perfil Omega
- 5 Bloque de H. A. poroso (30x18cm)
- 6 Platina metálica (e=3mm)
- 7 Lámina de Zinc
- 8 Perfil metá. G(25x7,5x2,5cm, e=3mm)
- 9 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 10 Malla nervometal
- 11 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 12 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)
- 13 Tendel (mortero 1:4 e=1cm)
- 14 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 15 Formación de Pendiente (H.S.)
- 16 Impregnación asfáltica
- 17 Membrana impermeabilizante (lámina asfáltica e=2,52mm)
- 18 Lámina asfáltica con aditivos inhibidores de raíz (e=3,23mm)
- 19 Membrana separadora antipunzonante (geotextil e=0,65mm)
- 20 Capa drenante (mat. pétreo e=10cm)
- 21 Membrana separadora filtrante y drenante (geotextil e=0,65mm)
- 22 Sustrato orgánico (e=15cm)
- 23 Césped
- 24 Tubería PVC Ø 110mm

Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

del viento pueden ser mayores al 50%. Es fundamental tener en cuenta el tipo de vegetación, su densidad (superficie de hoja por cada m<sup>2</sup> de suelo) y espesor, ya que esto es decisivo en el efecto de aislación térmica que se consigue. Para lograr un efecto significativo de aislación térmica en el invierno, se debe optar por una vegetación lo más densa posible por lo que en este caso se ha utilizado césped, ya que como se puede ver en la Tabla N° 3 es el tipo de vegetación baja que contiene la mayor superficie de hoja/m<sup>2</sup>. Igualmente se ha optado por esta especie, debido a que corresponde a una vegetación de tipo extensiva, que se caracterizan por ser livianas (150-200 kg/m<sup>2</sup>), de bajo crecimiento y exigen poco mantenimiento. De esta manera la cubierta está compuesta por los siguientes elementos (ver Gráfico N°58):

- Hormigón Simple para formación de pendiente (2%).
- Imprimación asfáltica: Preparar la superficie para mejor adherencia de la lámina impermeabilizante.
- Membrana impermeabilizante: Lámina asfáltica e=2,52mm

- Lámina asfáltica con aditivos inhibidores de raíz (e=3,23mm)

- Membrana separadora antipunzonante (geotextil e=0,65mm): Evita el punzonamiento de materiales irregulares de la capa drenante en la lámina impermeabilizante.

- Capa drenante: Compuesto por material petreo de granimetría homogénea, que drenan el exceso de agua de forma absorbente y filtrante. Su objetivo es encauzar el agua excedente y conducirla hacia los desagües (tuberías de PVC).

- Membrana separadora filtrante y drenante (geotextil e=0,65mm): Sirve para impedir que parte del suelo se transforme en barro líquido y se escurra en la capa de drenaje.

- Sustrato orgánico (e=15cm): Es la capa que sirve de soporte para la vegetación y anclaje de las raíces, sirve como material nutriente y para el almacenaje de agua. Con pastos silvestres, en general los sustratos de 14 a 16cm de alto son suficientes para alcanzar un colchón denso de vegetación en cubiertas planas

- Vegetación: Césped

Tabla N° 3.- Superficie de hoja por cada m<sup>2</sup> de superficie de suelo según tipo de vegetación

TIPO DE VEGETACION	SUPERFICIE DE HOJA POR CADA m <sup>2</sup> DE SUPERFICIE DE SUELO
Césped 3cm espesor	6 m <sup>2</sup>
Césped 5cm espesor	9m <sup>2</sup>
Pastos 60cm de espesor	hasta 225m <sup>2</sup>
Sedum 8cm de espesor	1m <sup>2</sup>
Sedum 10cm de espesor	2,4m <sup>2</sup>
Vid Silvestre 10 cm de espesor	3m <sup>2</sup>
Vid Silvestre 20 cm de altura	5m <sup>2</sup>

Fuente: Techos Verdes, *Gernot Minke*, pág 24.

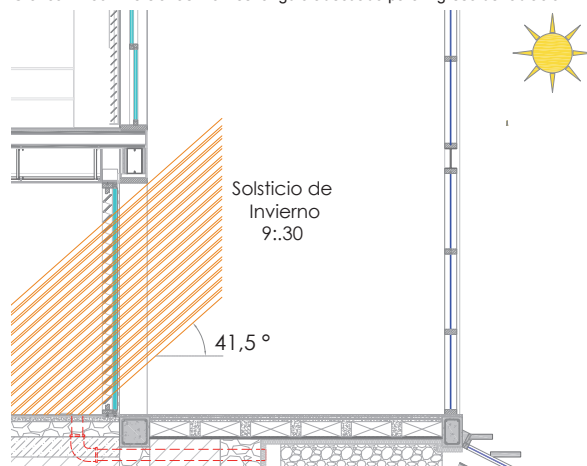
**- Aislamiento del Invernadero:** Debido a que durante las noches el invernadero se transforma en un espacio frío por el vidriado, en la puerta que comunica éste espacio con el interior de la vivienda, se plantea la implementación de persianas de madera que se cierran herméticamente durante el período nocturno. Cuando éstas permanecen abiertas, tienen un ángulo de inclinación de 45 °, que como se explicó anteriormente permite un adecuado ingreso de la radiación solar incidente (ver Gráfico N°59, 60 y 61).

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

289

Gráfico N° 59.- Persianas móviles: ángulo adecuado para ingreso de radiación



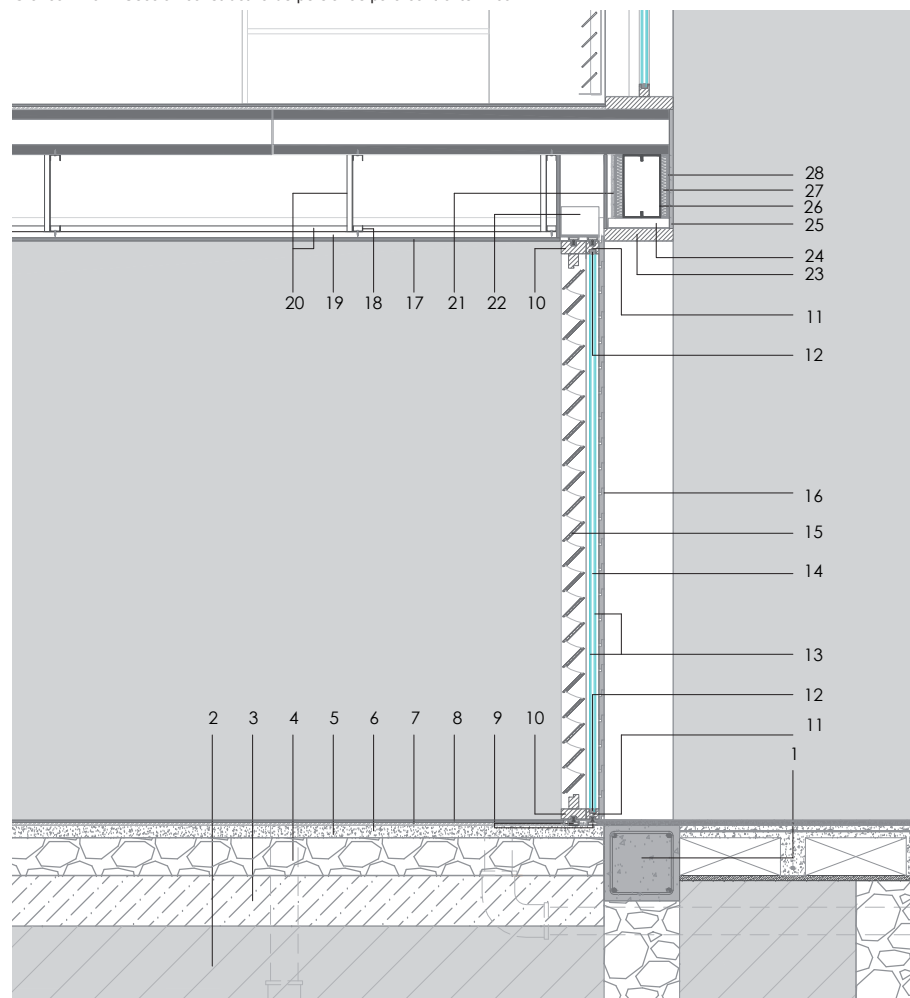
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 60.- Aislamiento nocturno mediante persianas móviles (invernadero)



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 61.- Sección constructiva de persianas para control térmico



Elaboración: Grupo de Tesis



## Lista de Materiales

- 1 Cadena de H. A. (30x30cm)
- 2 Suelo Natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15cm)
- 5 Losa de Hormigón (e=5cm)
- 6 Malla electrosoldada R-84
- 7 Esponja Aluminizada
- 8 Piso flotante
- 9 Riel de Aluminio
- 10 Marco de madera Teka (10x4cm)
- 11 Marco de madera Teka (5x4cm)
- 12 Tamiz molecular absorbente de humedad
- 13 Vidrio (e=6mm)
- 14 Cámara de aire (e=12mm)
- 15 Lama de madera Teka (10x1cm)
- 16 Moldura de madera (10x2cm)
- 17 Yeso Cartón (1,22x2,44, e=12,5mm)
- 18 Canal de carga
- 19 Perfil Omega
- 20 Perfil en ángulo
- 21 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5cm)
- 22 Plafón metálico (e=4mm)
- 23 Tablón de madera (27x5cm)
- 24 Plafón metálico (e=3mm)
- 25 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 26 Perfil metálico G(25x7,5x2,5cm, e=3mm)
- 27 Poliestireno expandido (e=2,5cm)
- 28 Malla nervometal

## III CAPÍTULO

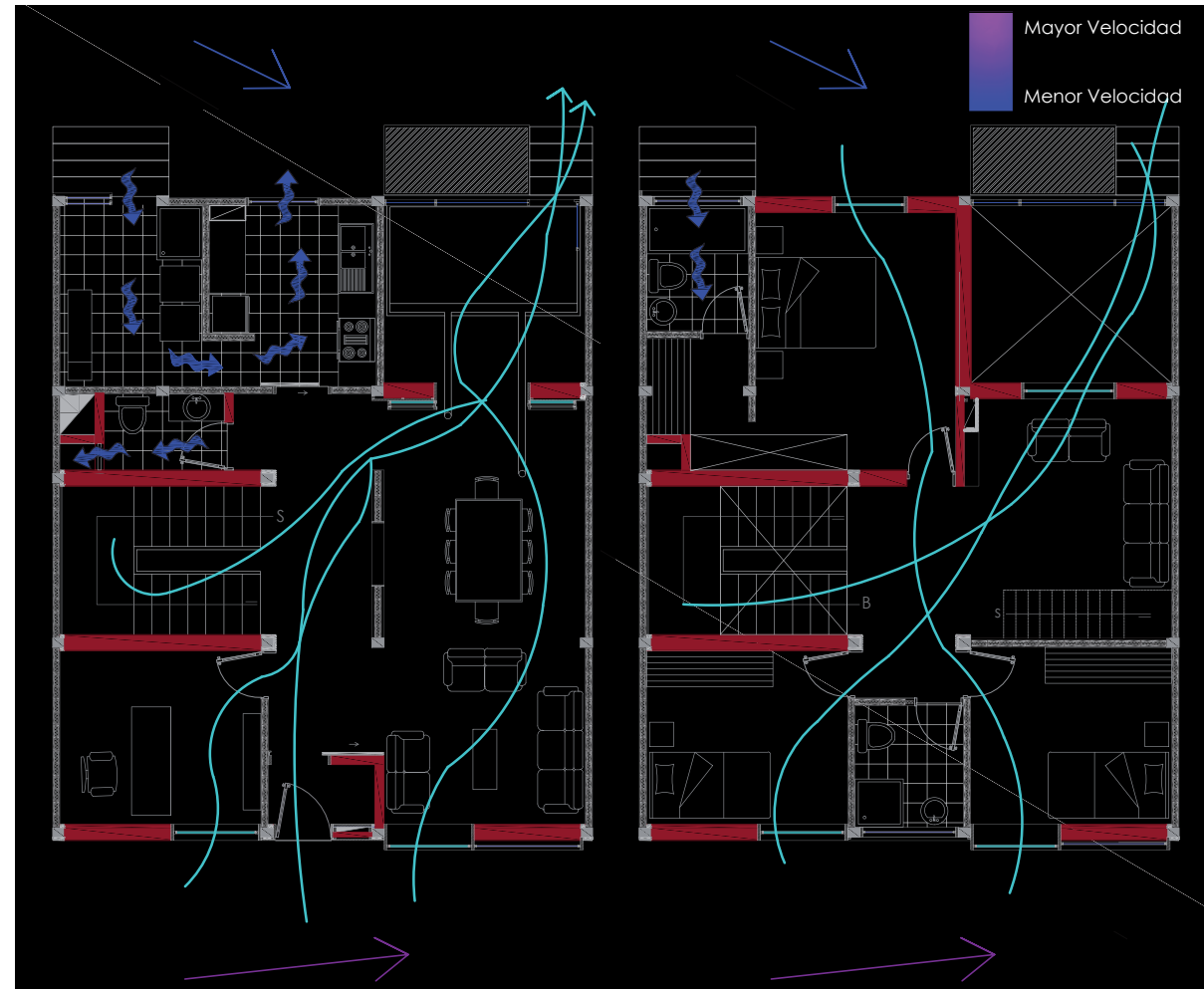
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

### E) Ventilación:

La acción del viento sobre las edificaciones tiene repercusiones directas e indirectas acerca de las condiciones del ambiente interior, ya que por un lado, el viento influye en el microclima de la construcción, actuando en los cerramientos y por tanto generando pérdidas de calor hacia el exterior de las superficies y por otra parte ingresan al interior por las rendijas y aberturas con lo que una parte del calor existente en el local es almacenada en la masa de aire frío que entra en el (infiltraciones) y luego es perdida cuando esa masa de aire se libera hacia el exterior (exfiltraciones).

De esta manera afecta también al bienestar térmico de los ocupantes, que notan el movimiento del aire. Sin embargo la ventilación es muy importante para cubrir un conjunto de exigencias higiénicas y de bienestar necesarias para hacer más saludable la estancia de un espacio abierto y cerrado, siendo necesaria la renovación de aire según la actividad que se desarrolle en cada uno de los ambientes de una edificación. Pues “el aire respirado contiene aproximadamente el 16% de oxígeno y 4% de anhídrido

Tabla N° 62.- Trayectoria de ventilación al interior de la vivienda



Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

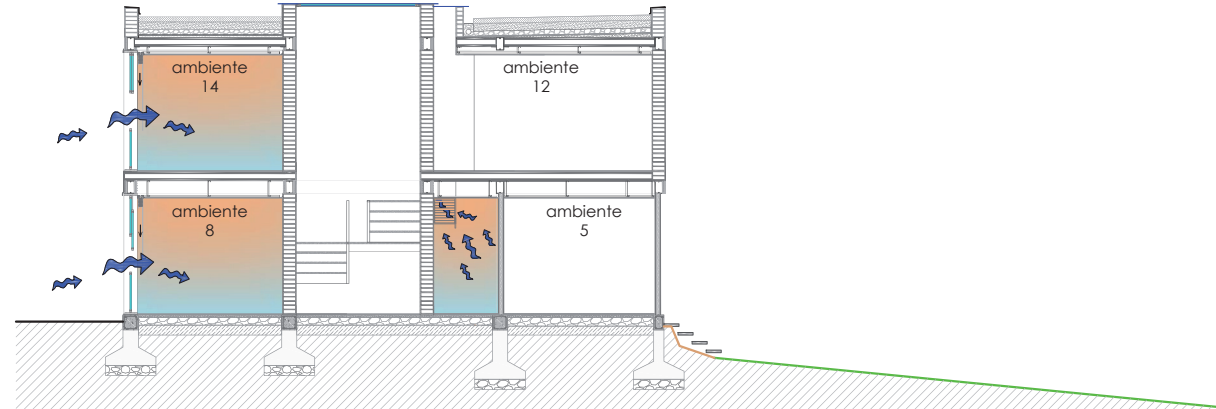
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

291

carbónico, y una cantidad de vapor de agua que prácticamente lo satura. Esta concentración de anhídrido carbónico es muy alta, ya que a partir del 0.15% en volumen ya se considera aire viciado, a partir del 5% se produce una notable aceleración del ritmo respiratorio y al llegar al 10% nos situamos en el límite crítico.”<sup>15</sup> La eficiencia de la ventilación cuantificada por la tasa de renovación de aire, depende de las condiciones climáticas: fuerza y dirección del viento del exterior y diferencia de temperaturas entre interior y exterior. Estos dos efectos: viento y térmico generan diferencias de presión que hacen moverse el aire desde las presiones más altas a las más bajas. Las presiones generadas por el viento, son positivas del lado expuesto al viento y negativas sobre el lado protegido del viento.

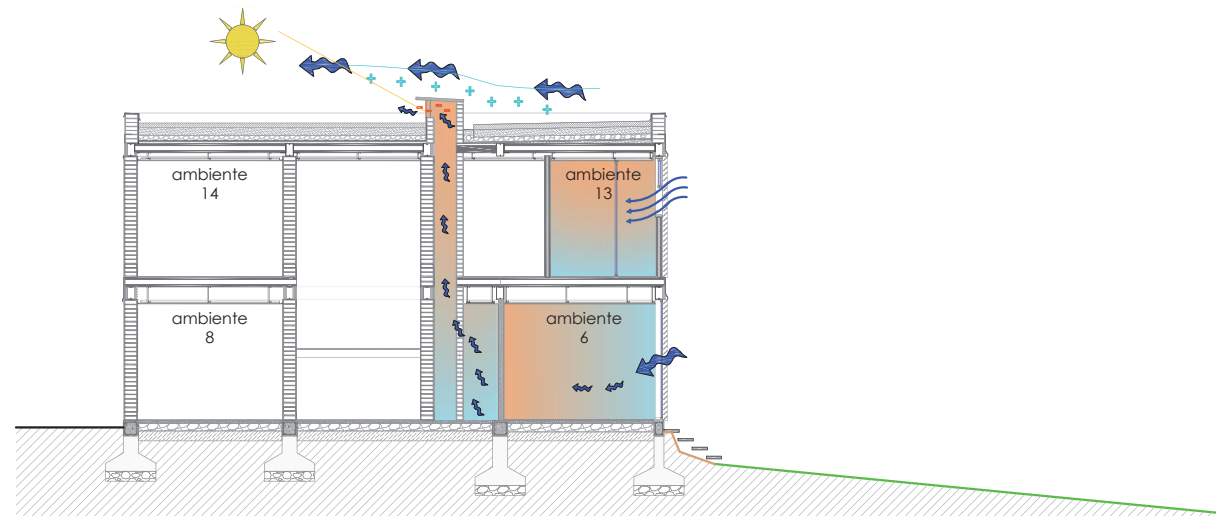
Con respecto a la vivienda, en esta la acción del viento no es igual a la de su incidencia pues al encontrarse con una orientación no favorable al viento y estar entre otras edificaciones, se encuentra de cierta forma protegida, sin embargo se han tomado algunas acciones en la

Gráfico N° 63.- Ventanas móviles para el control en el ingreso de ventilación natural



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 64.- Ventilación natural mediante efecto chimenea solar (baño social)



Elaboración: Grupo de Tesis

<sup>15</sup> Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, Javier Neila, pág. 257





### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

edificación explicadas en la sección de aislamiento térmico. Con respecto a la incidencia del viento al interior de la vivienda, se puede decir que tanto en planta baja como en planta alta pudiera generarse una ventilación cruzada (ver Gráfico N° 62 y 63) en caso de requerirse, sin embargo para evitar grandes pérdidas de calor es aconsejable que se aproveche la ventilación natural de manera independiente en cada uno de los ambientes, los cuales además cuentan con ventanas corredizas permitiendo una mayor flexibilidad para el control del flujo de aire que podría entrar. Únicamente en los ambientes de cocina y lavandería sería recomendable la ventilación cruzada, para lo cual los vanos de cada uno de estos espacios presentan diferencias de presión al estar uno de ellos más expuesto al viento que el otro, al encontrarse este último más protegido por la edificación aledaña.

Considerando que el baño social se encuentra en una zona intermedia de la vivienda, se ha planteado la ventilación de este espacio mediante el sistema denominado chimenea solar, el mismo que funciona captando radiación dentro de un ducto que sale por la cubierta, pintado de color oscuro para acelerar el calenta-

miento del aire, una vez que esto ocurre su densidad disminuye y la abertura del ducto al ubicarse en sentido contrario a la dirección del viento, se genera una presión negativa lo que provoca la succión del aire interno (ver Gráfico N° 64)

#### F) Combinación de los Sistemas:

Como se puede ver en los Gráficos N° 65 y 66, siguiendo la estructura bioclimática (captación, acumulación y distribución), cada uno de los sistemas aplicados buscan permitir ganancias de calor al interior de la vivienda, así como también evitar sus pérdidas, para mantener constante su temperatura (ver Gráficos N° 67)

De esta forma se pueden observar con las gradientes el comportamiento térmico de los diferentes ambientes tanto en el día como en la noche. Los colores que tienden a naranja representan el aire caliente, frente a los colores que tienden a azul, que representan el aire frío.

De igual manera en los Gráficos N° 65 y 66, se puede ver la trayectoria solar tanto en los solsticios de verano e invierno como en los equinoccios, resaltando los diferentes ángulos de incidencia.

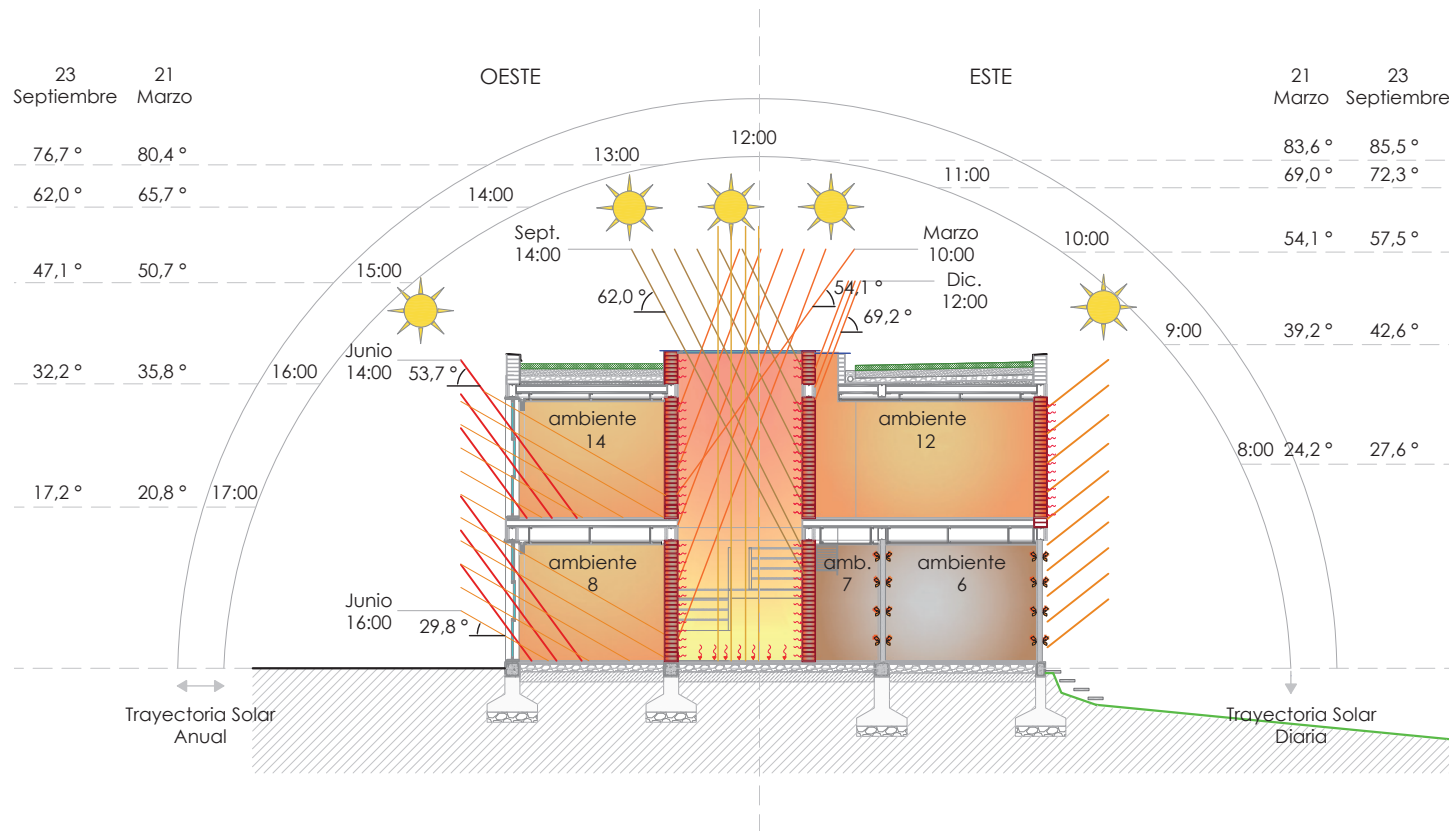
Así mismo dicha trayectoria puede observarse en los gráficos Gráficos N° 68 y 69, en donde se puede constatar que debido a la adecuada orientación de la edificación (Este-Oeste), los diferentes ambientes reciben sol durante todo el año, encontrándose arrojamientos de sombra hacia el Sur en el solsticio de invierno (junio) y hacia el Norte en el solsticio de verano (diciembre). En los equinoccios de marzo y septiembre las sombras son arrojadas hacia el frente sin tendencia de Norte o Sur. Los espacios ubicados hacia la fachada Este recibirán sol durante las mañanas mientras que los ambientes orientados hacia el Oeste reciben sol durante la tarde.

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

293

Gráfico N° 65.- Datos de altura solar en el recorrido diario en los equinoccios de Marzo y Septiembre. (Captación y acumulación)

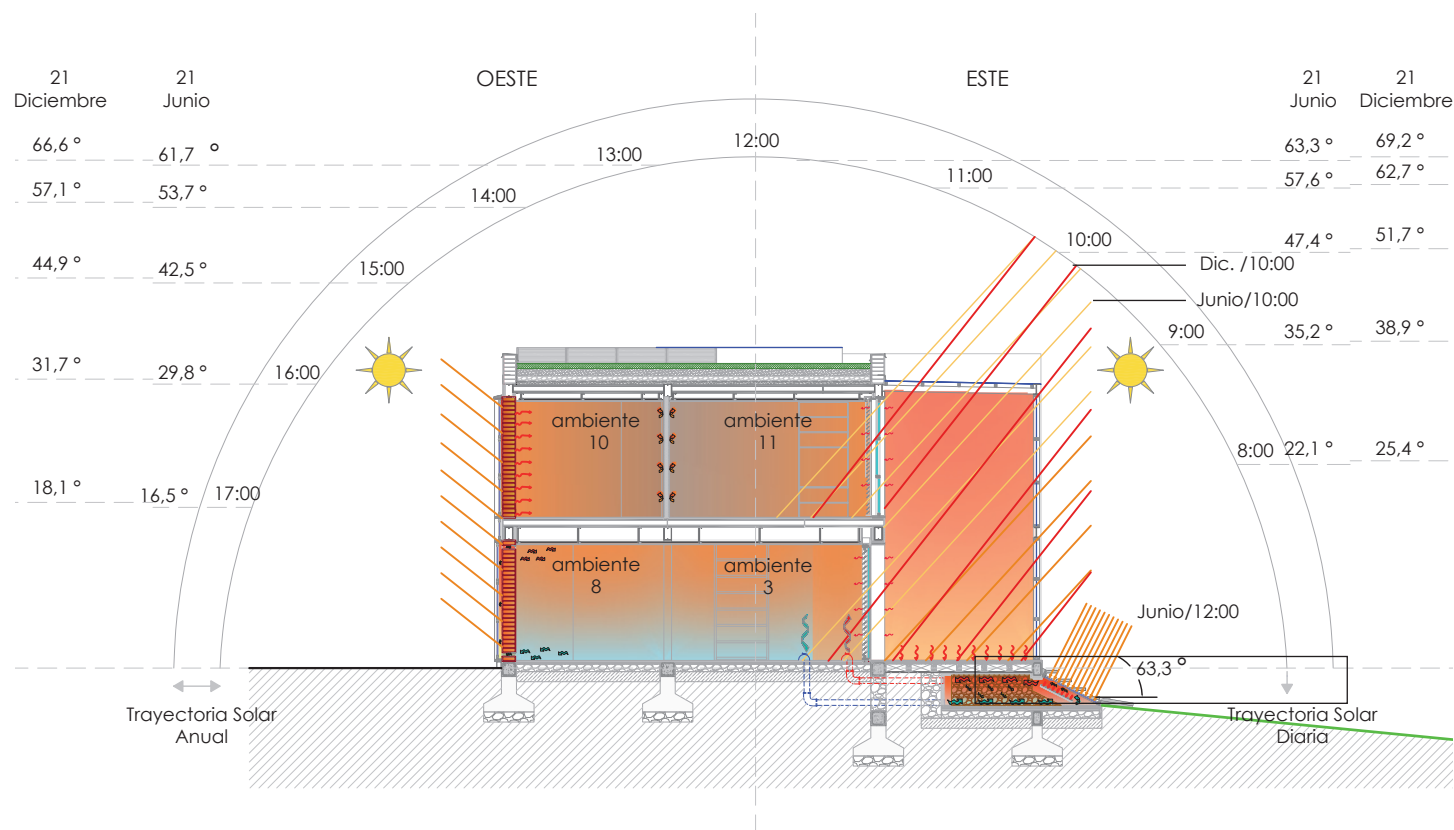


Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 66.- Datos de altura solar en el recorrido diario en los solsticios de Junio y Diciembre (Captación y acumulación)



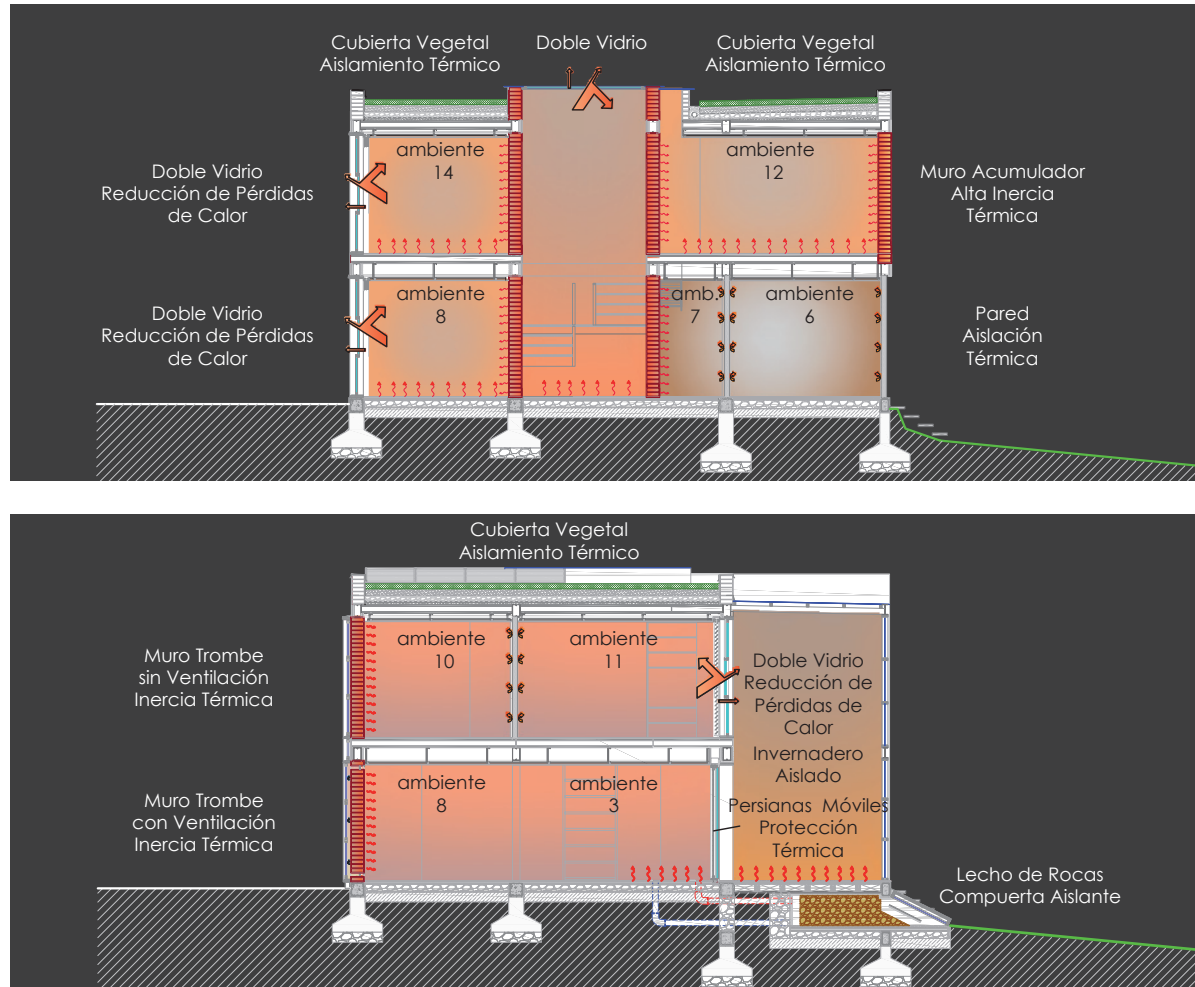
Elaboración: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

295

Gráfico N° 67.- Comportamiento térmico de la vivienda durante la noche

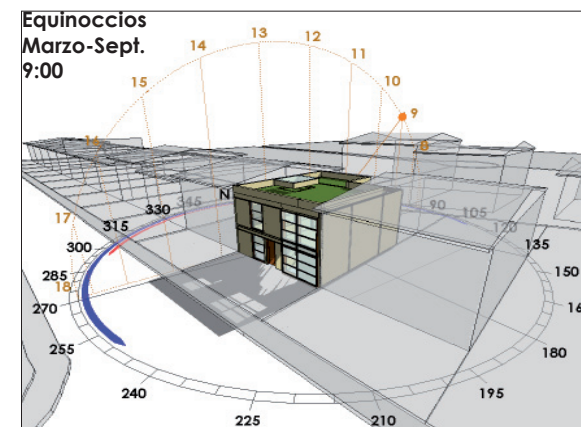
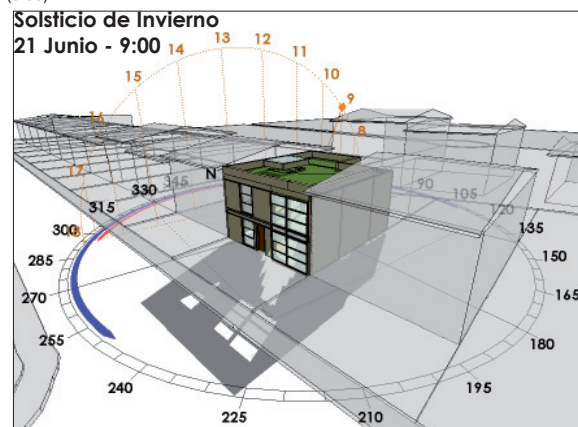
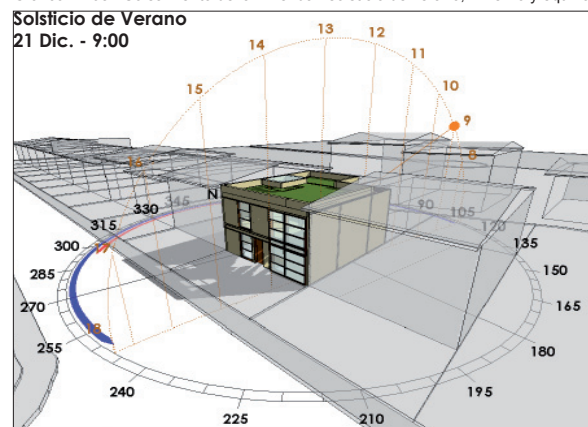


Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

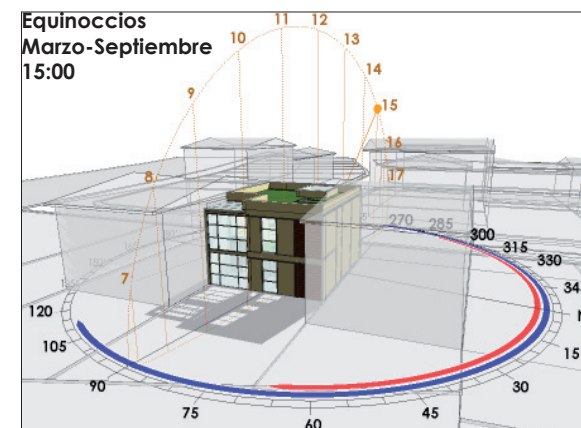
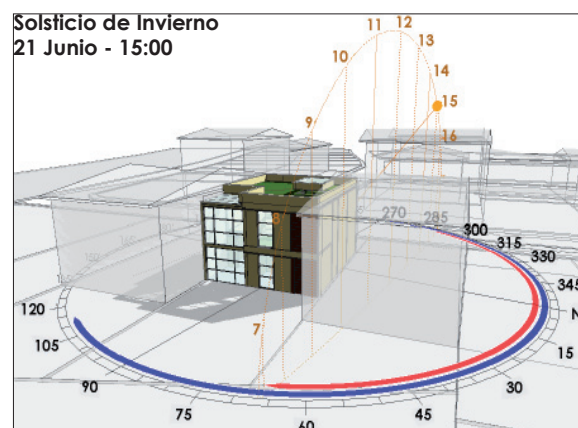
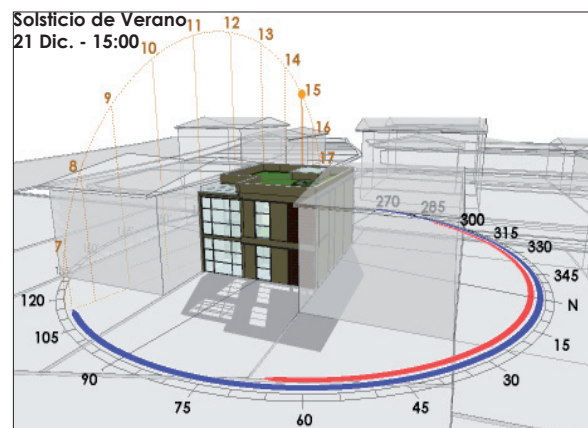
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 68.- Soleamiento de la vivienda: solsticio de verano, invierno y equinoccios (9:00).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 69.- Soleamiento de la vivienda: solsticio de verano, invierno y equinoccios (15:00).



Elaboración: Grupo de Tesis



### G) Validación del Confort Térmico en la Vivienda

Para la validación térmica de cada uno de los ambientes, se ha procedido a utilizar el programa Ecotect, el mismo que requiere de una modelación en base a zonas térmicas, es decir espacios completamente cerrados y el ingreso de los datos meteorológicos en el que se incluya la temperatura ambiente, humedad relativa, radiación, nubosidad, dirección y velocidad del viento de la ciudad, además de los datos de altitud, longitud y latitud. También es necesario definir las características y propiedades de los materiales que se utilizarán en la edificación tales como espesor, densidad, conductividad térmica, calor específico, transmitancia térmica, absorción solar y emisividad. Igualmente se ha establecido el número de personas máximo que podría ocupar cada espacio y la actividad predominante que se desarrolla en cada uno.

Por otra parte el software es capaz de detectar las zonas adyacentes de cada ambiente, determinando así la extensión del flujo de calor entre ellos y considerando las ganancias inter-zonales para el cálculo térmico.

De esta manera se ha procedido a obtener algunas gráficas, las cuales para su mejor comprensión se han agrupado por zonas siendo estas: de descanso (dormitorios), social (sala – comedor y estar) y de trabajo (estudio y cocina).

De igual manera los periodos en que se ha considerado su análisis son en los dos equinoccios (21 de marzo y 21 de septiembre) y los dos solsticios (21 de junio y 21 de diciembre), considerados como los más representativos pues en el primer caso coincide ser con los meses en que mejor soleamiento presenta la vivienda y en el segundo caso los extremos que alcanza el sol en su trayectoria.

Entre los resultados obtenidos, las gráficas muestran las curvas correspondientes a la temperatura externa, radiación directa y difusa, velocidad del viento y la temperatura de los ambientes analizados, de manera que se pueda relacionar la influencia de cada uno de estos elementos climáticos.

En cuanto al rango de Confort, como se ha establecido en el Capítulo II, para la ciudad de Cuenca éste se encuentra entre los 20 y 25°C.

Es así que al analizar el Gráfico N°70, correspondiente a la zona de descanso en el equinoccio de Marzo, se puede concluir que los tres dormitorios que conforman la vivienda se encuentran dentro de la zona de confort, durante todas las horas del día, encontrándose el dormitorio 1 con mejores temperaturas (22,7 - 23,1°C), mientras que los otros dos dormitorios presentan valores similares que varían entre 20,2 y 20,9°C.

De manera general se puede observar que la temperatura interna se mantiene constante, presentando un leve incremento al medio día, coincidiendo con la hora de mayor radiación y temperatura externa.

Con respecto al equinoccio de Septiembre (Gráfico N° 71), de igual manera se cumple con el rango de confort en los tres ambientes, sin embargo el dormitorio 2 y 3 se encuentran en el límite inferior de éste, presentando temperaturas que oscilan entre los 19,6 y 20,6°C. Mientras que el dormitorio 1 cuenta con temperaturas que varían entre 22,1 y 22,7°C.

Con respecto al equinoccio de Marzo, se puede constatar que las temperaturas han disminuido, sin embargo en este caso



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

también se presenta un leve aumento de la temperatura al medio día. (Gráfico N° 70)

Analizando el Gráfico N° 72 correspondiente al solsticio de Junio, se puede concluir que se cumple con los valores establecidos como confortables, encontrándose el dormitorio 1 con los valores más altos (23,1 - 23,6°C), en tanto que en los dormitorios 2 y 3, la temperatura oscila entre los 20,7 y 21,4°C.

Finalmente para el solsticio de Diciembre (Gráfico N° 73), se puede observar que las temperaturas aumentan con respecto a Junio, por lo que se encuentran también dentro de la zona de confort. En este caso el dormitorio 1, presenta una fluctuación de la temperatura entre los 23,2 y 24,5°C. y en los dormitorios 2 y 3 varían entre 21,1 y 22,4 °C.

En la zona social, se ha considerado como un solo ambiente a la sala-comedor. En el Gráfico N° 74 que corresponde al equinoccio de Marzo se puede observar que entre las 18:00 y 6:00 se mantienen con temperaturas similares tanto la sala-comedor como el estar (20,8 - 21,3 °C), mientras que durante el día existe una leve variación, presentando mayores

temperaturas el estar (21,1 - 23,5 °C), espacio que se encuentra en planta alta, mientras que en la sala-comedor la temperatura varía entre los 20,8 y 22,1 °C.

Con respecto al equinoccio de Septiembre, la temperatura interna se comporta de la misma manera que en el equinoccio de Junio, sin embargo los valores descienden levemente en horas de la madrugada, llegando al límite inferior del rango de confort. Se registra una temperatura máxima de 23,8 °C en el estar y 21,8 °C en la sala-comedor. Como se puede apreciar en el Gráficos N° 75, en la zona del estar se han detectado dos picos de ascenso de temperatura, que coincide con la curva de temperatura externa y radiación.

En relación al solsticio de Junio, se presentan temperaturas constantes de 18:00 a 6:00 (21 - 21,7 °C) y mayores variaciones en el transcurso del día, ya que en la sala-comedor oscilan entre 21,4 y 22,7 °C y en el estar entre 21,9 y 24 °C (ver Gráfico N° 76).

Por último en el solsticio de Diciembre, los valores de temperatura de la sala-comedor se mantiene relativamente

constantes, pues fluctúan entre 21,2 y 22,5 °C, mientras que en el estar varía entre los 21 °C y alcanza el límite superior del rango de confort durante horas de la mañana. (Gráfico N° 77)

En estos dos últimos casos la temperatura en los dos ambientes se encuentra dentro del rango de confort.

Finalmente con respecto a la zona de trabajo en el equinoccio de Marzo, como se puede observar en el Gráfico N° 78, el estudio cuenta con una temperatura más constante que la cocina, lo cual puede verse influenciado por el uso de doble vidrio en el primero. De todas maneras en ambos casos se tienen valores dentro de la zona de confort, ya que las temperaturas en el estudio varían entre 20,4 y 21,8 °C, mientras que en la cocina fluctúan entre los 20,6 y 24,4 °C.

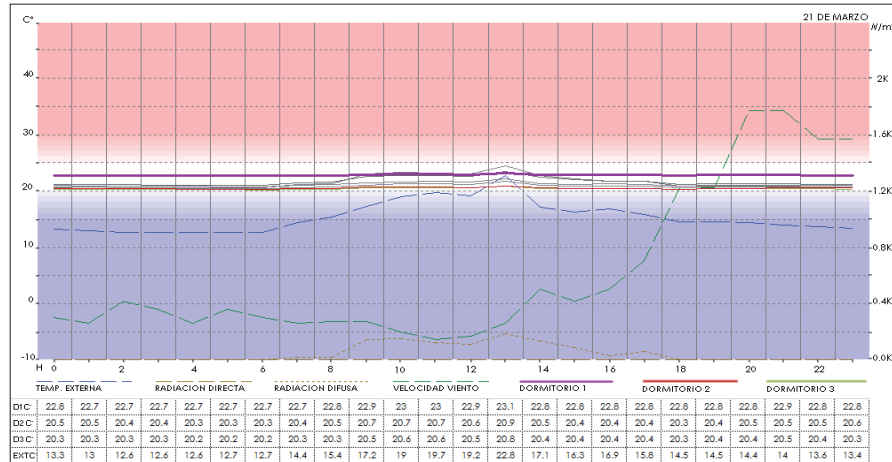
En cuanto al equinoccio de septiembre, en el caso de la cocina se puede apreciar que la temperatura supera levemente el límite superior del rango de confort a las 11am, 1pm y 2pm, mientras que en horas de la madrugada la temperatura desciende hasta 19,2 °C, sin embargo en este período este es-

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

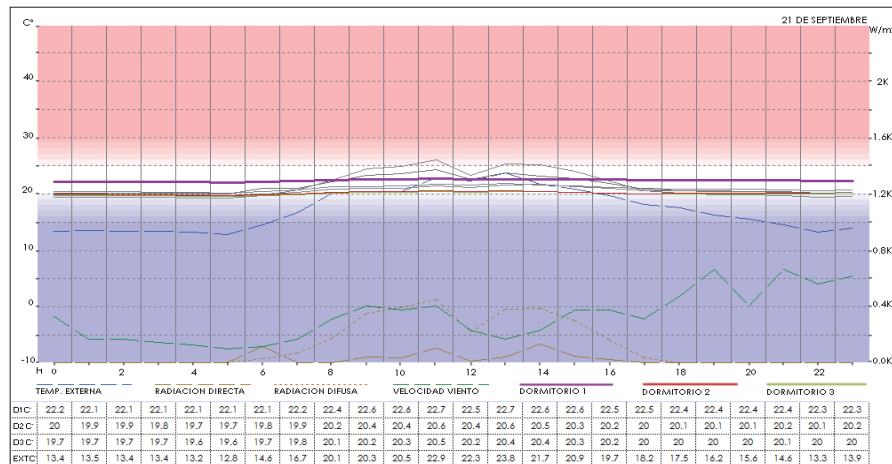
299

Gráfico N° 70.- Comportamiento térmico de la zona de descanso en el equinoccio de marzo, según las horas del día



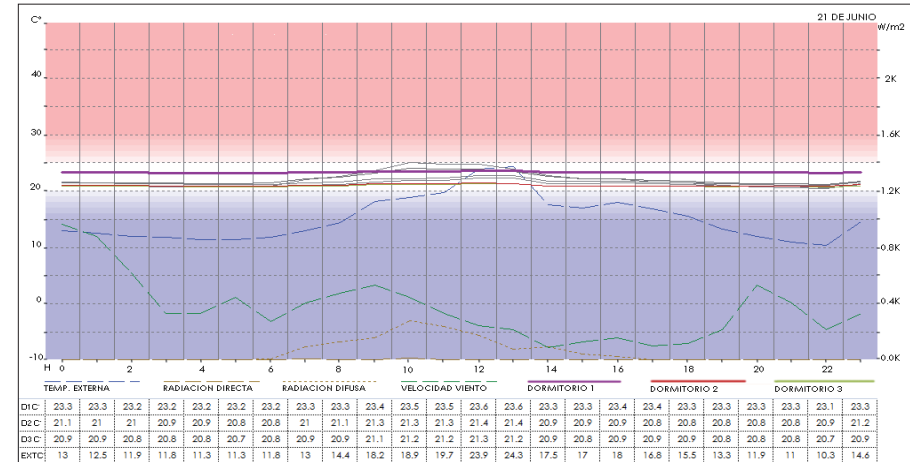
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 71.- Comportamiento térmico de la zona de descanso en el equinoccio de septiembre, según las horas del día



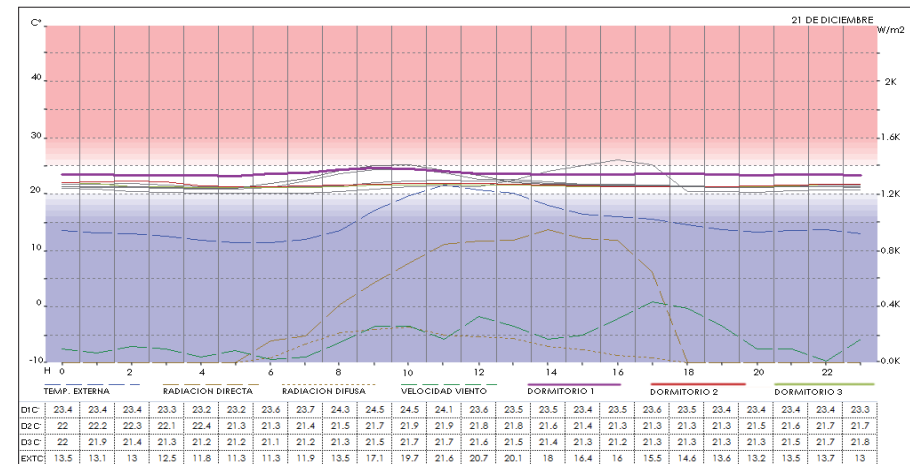
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 72.- Comportamiento térmico de la zona de descanso en el solsticio de junio, según las horas del día



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 73.- Comportamiento térmico de la zona de descanso en el solsticio de diciembre, según las horas del día



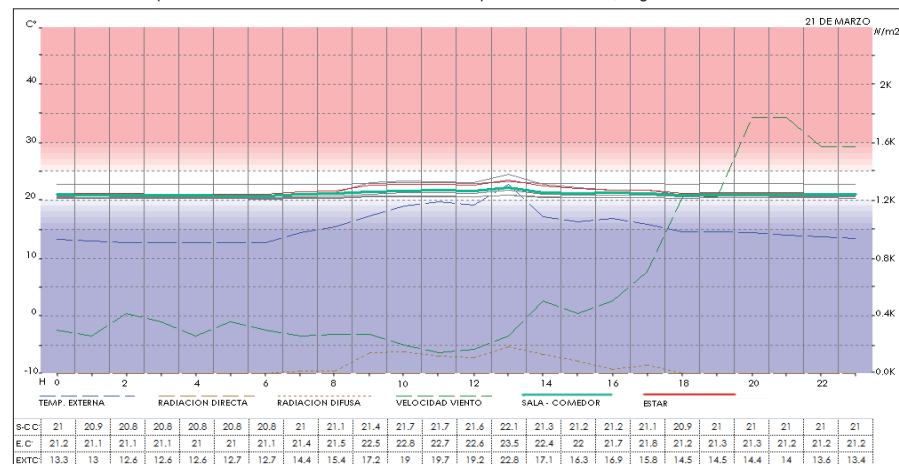
Elaboración: Grupo de Tesis



# III CAPÍTULO

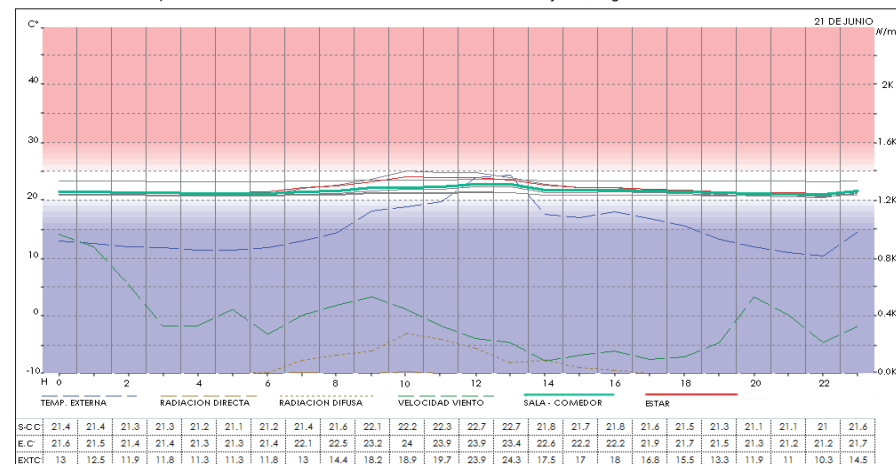
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 74.- Comportamiento térmico de la zona social en el equinoccio de marzo, según las horas del día



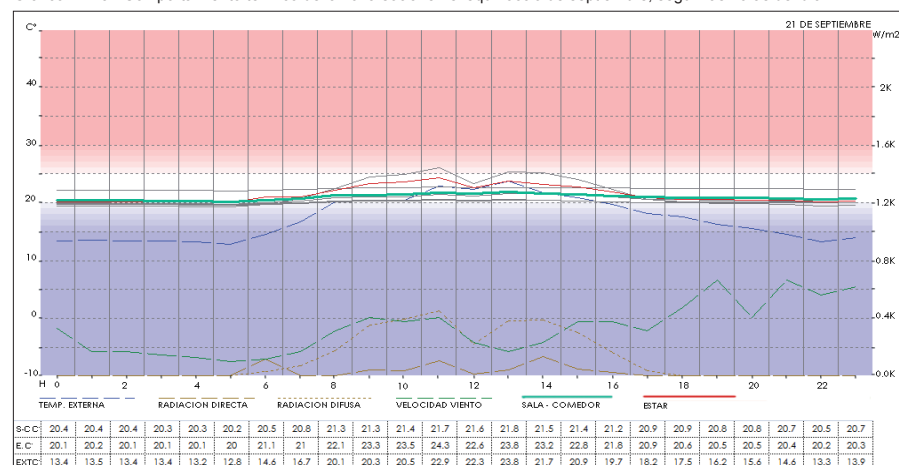
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 76.- Comportamiento térmico de la zona social en el solsticio de junio, según las horas del día



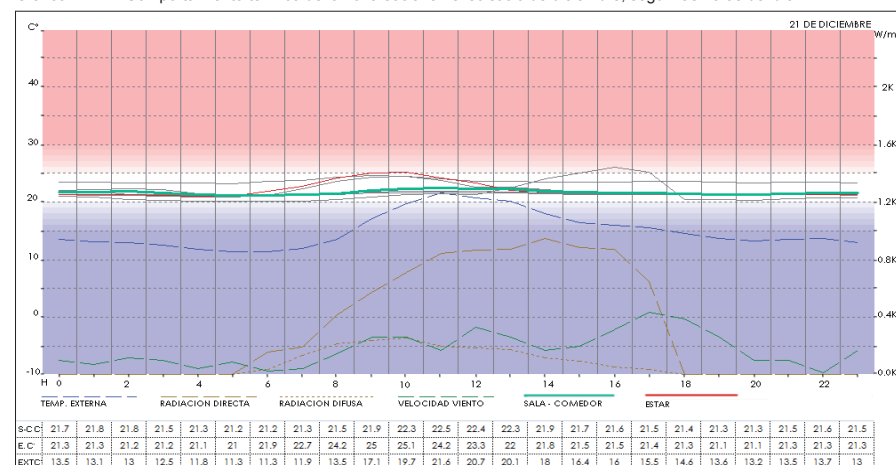
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 75.- Comportamiento térmico de la zona social en el equinoccio de septiembre, según las horas del día



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 77.- Comportamiento térmico de la zona social en el solsticio de diciembre, según las horas del día



Elaboración: Grupo de Tesis

pacio no es utilizado y además se encuentra aislado de los demás ambientes. Con respecto al estudio, la temperatura mínima encontrada es de  $19,7^{\circ}\text{C}$  a las 5am y la máxima es de  $21,7^{\circ}\text{C}$ , registrada a las 2pm. (Gráfico N° 79)

En el Gráfico N° 80 correspondiente al solsticio de Junio se puede apreciar que ambos ambientes se encuentran dentro de la zona de confort durante todo el día. En relación al estudio la temperatura se mantiene constante la mayor parte del tiempo, a excepción del período comprendido entre las 10:00 y 13:00 en que presenta un ligero incremento, lo cual se corresponde con un ascenso de la temperatura del ambiente externo. La fluctuación de temperatura en este espacio se encuentra entre  $20,6$  y  $22,3^{\circ}\text{C}$ .

Con respecto a la cocina, se mantiene con valores constantes entre las 15:00 y 6:00, pues a partir de esta hora empieza a notarse un incremento considerable de temperatura. El valor mínimo encontrado es de  $20,5^{\circ}\text{C}$  y el máximo de  $25,1^{\circ}\text{C}$ .

Por último en el solsticio de Diciembre, debido a la orientación de estos ambientes, encontrándose la cocina hacia el

Este, y el estudio hacia el Oeste, se puede apreciar un notable aumento de temperatura en los momentos en que cada espacio recibe soleamiento. De esta manera la cocina presenta las mayores temperaturas entre las 8:00 y 11:00, mientras que el estudio alcanza los mayores valores a partir de la 13:00 hasta las 18:00. La máxima temperatura que cada uno de los espacios alcanza es de  $24,4^{\circ}\text{C}$  y  $26^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, por lo que en este último espacio se requiere incrementar la ventilación durante la tarde para no superar el rango de confort. (Gráfico N° 81)

De manera general se puede concluir que los espacios analizados se encuentran con temperaturas confortables, lo cual lleva a suponer la correcta aplicación de los criterios bioclimáticos utilizados.

Igualmente es importante recalcar que a pesar de que la fluctuación diaria de la temperatura externa se encuentra entre los  $10$  y  $13^{\circ}\text{C}$ , al interior de la vivienda se logra mantener una fluctuación interna que no supera los  $6^{\circ}\text{C}$ , que según la Norma Americana es el máximo permitido para encontrarse en condiciones de bienestar térmico.

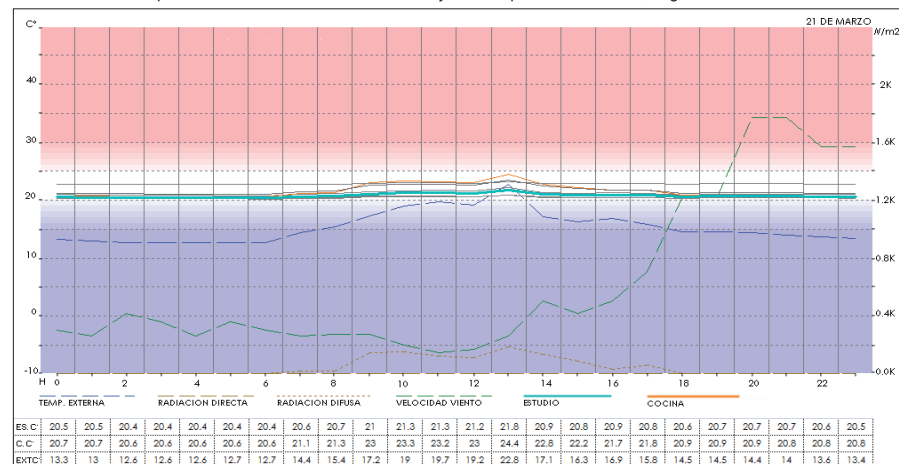




# III CAPÍTULO

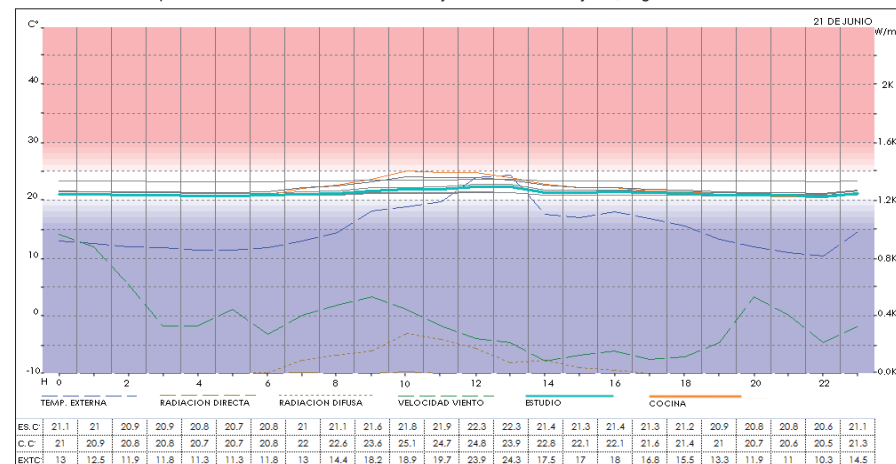
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 78.- Comportamiento térmico de la zona de trabajo en el equinoccio de marzo, según las horas del día



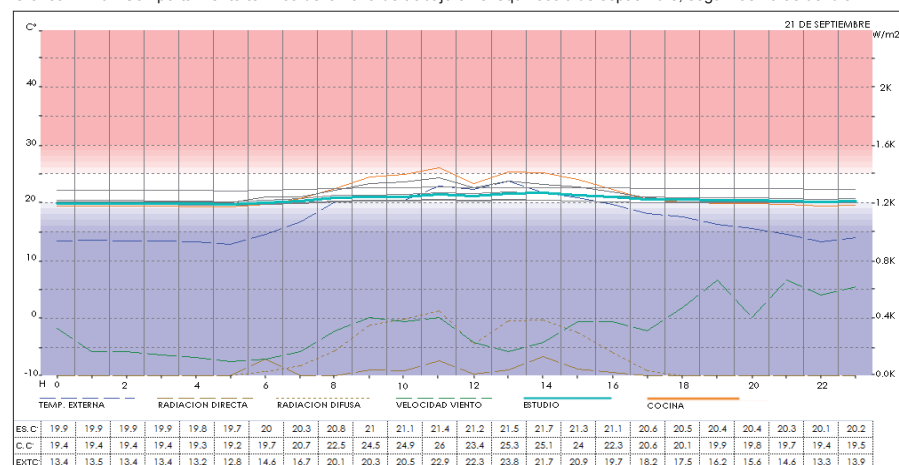
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 80.- Comportamiento térmico de la zona de trabajo en el solsticio de junio, según las horas del día



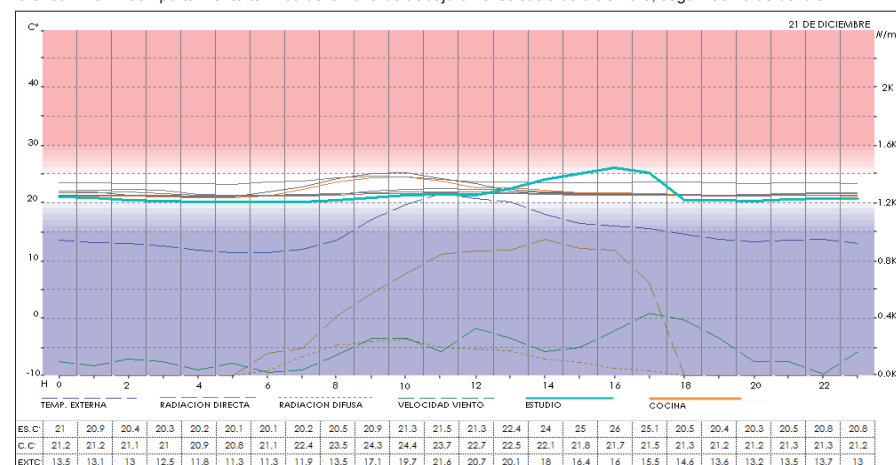
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 79.- Comportamiento térmico de la zona de trabajo en el equinoccio de septiembre, según las horas del día



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 81.- Comportamiento térmico de la zona de trabajo en el solsticio de diciembre, según las horas del día



Elaboración: Grupo de Tesis

### 3.2.4.2.- Diseño Solar Activo

Los sistemas solares activos requieren de dispositivos artificiales denominados colectores solares para captar la energía electromagnética proveniente del Sol y convertirla en energía térmica o en energía eléctrica. Además de los módulos captadores, se requiere de otros elementos adicionales eléctricos y mecánicos para conformar el sistema completo, los mismos que son necesarios para su correcto funcionamiento. Dentro de los sistemas solares que se pueden aplicar en el diseño de una vivienda se encuentran: los sistemas solares fotovoltaicos para generación de energía eléctrica y los sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua sanitaria (A.C.S.).

#### - Sistema Solar Fotovoltaico

Se define como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar, en energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos, según su instalación se dividen en dos categorías:

#### 1) Sistema fotovoltaico aislado

#### 2) Sistema fotovoltaico conectado a la red.

Los sistemas aislados se usan normalmente para proporcionar energía eléctrica a usuarios que residen principalmente en zonas rurales en las cuales no existe el suministro de electricidad otorgada por alguna compañía de servicios. Los principales componentes que forman este sistema son: módulos fotovoltaicos, regulador de carga, inversor y sistema de acumulación (baterías).

En cuanto a los sistemas conectados a la red, éstos no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de luz natural es canalizada a la red pública con objetivo de venta. Este sistema presenta los siguientes componentes: módulos fotovoltaicos, inversor de corriente, transformador eléctrico y un contador de energía.

La vida media de los paneles solares fotovoltaicos es de 25 a 30 años, si bien después de este tiempo sigue siendo operativo, pero con un rendimiento inferior.

#### - Sistema Solar Térmico

Un sistema de calentamiento solar es

un dispositivo de transferencia y almacenamiento de energía, que se compone de un colector solar, el mismo que es una caja sellada y aislada térmicamente por donde circula un fluido de trabajo que generalmente es agua. Además de ello, se requiere de un elemento denominado “tanque de almacenamiento” el cual es básicamente un tanque reservorio de agua en donde se acumulará la energía térmica obtenida.

Su funcionamiento empieza cuando la energía solar es recibida en forma radiante sobre la superficie vidriada que permite el paso de las longitudes de onda en el espectro visible. “La cantidad de energía disponible en esta fase está en función de la intensidad de la radiación, el ángulo de incidencia con respecto a la superficie captadora y sus características físicoópticas.”<sup>16</sup> Una vez que ha ingresado la radiación al colector solar, ésta incidirá sobre un elemento absorbente que presenta un color oscuro para tener la mayor absorción posible. En este momento la energía ra-

<sup>16</sup> Introducción a la Arquitectura Bioclimática, Manuel Rodríguez Viqueira, pág. 150

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

diante calentará a la superficie y cambiará de longitud de onda para lo cual la superficie vidriada de la cubierta es opaca generándose el efecto invernadero.

El fluido circundante por el módulo solar aumentará su temperatura y será almacenada en un depósito para ser utilizada en el momento de requerirse. La circulación del fluido se puede efectuar por medio de 2 sistemas típicos:

- *Circulación forzada.*- Con la ayuda de una pequeña bomba eléctrica.
- *Circulación natural.*- Mediante un efecto físico denominado “termosifón”.

#### - Importancia de las Energías Alternativas

“La situación energética actual en el Ecuador y el mundo encuentra una dependencia absoluta en consumo de alternativas no renovables. La realidad es que el 97% de la energía primaria consumida en el planeta es de origen fósil, de los cuales el 38% es carbón, 40% petróleo y 19% gas natural.”<sup>17</sup> Hecho que a más de ser una fuente de energía que podría terminarse en cualquier momento, está generando grandes problemas

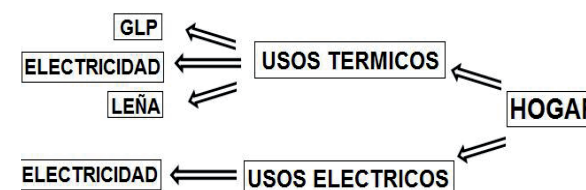
ambientales desequilibrando el sistema climático global. Para lo cual según el Cetro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA) es importante generar cambios en la matriz energética del país introduciendo las energías renovables pues en un encuentro internacional de Energías Renovables realizado en la ciudad de Quito en el año 2009, se explicó que en Ecuador menos del 1% compone la energía solar sumada con la energía eólica.

De esta manera “según el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), en el mismo encuentro se declaró la esperanza de cambiar esta realidad, con la intención de llegar al año 2020 con una producción del 86% en hidroelectricidad, complementada por un 8% en energías renovables como la solar o la eólica.”<sup>18</sup>

Por otra parte con respecto al sector residencial, el consumo energético se da principalmente para usos eléctricos y usos térmicos, dentro de este último lo más utilizado es el Gas Licuado de Petróleo (GLP), en donde su uso se da para el calentamiento de agua, Cocción de alimentos y calefacción (ver Gráfico N° 82).

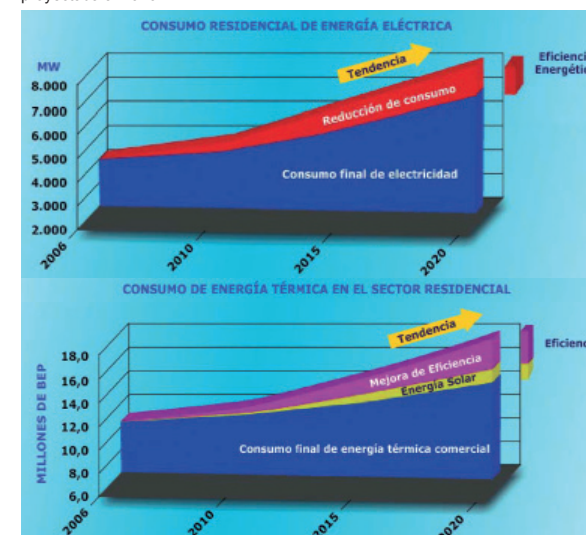
Es así que la política energética para

Gráfico N° 82.- Usos de energía en el Sector Residencial



Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

Gráfico N° 83.- Consumo de energía eléctrica y térmica en el Sector Residencial proyectada al 2020



Fuente: MEER

<sup>17</sup> Tesis: Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de Sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar, Juan C. Sarmiento - Fernando Mogrovejo, pág. 10

<sup>18</sup> Idem, pág. 257

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

305

el año 2020 propone la reducción en usos térmicos en un 30%, y en consumo de energía eléctrica en un 12%. Para ello en el primer caso se plantea la introducción de paneles térmicos solares. Como se puede ver en el Gráficos N° 83 a más de la introducción de sistemas que usen la energía solar se plantea mejorar la eficiencia de los equipos que se utilizan en una vivienda.

En el Ecuador, la Constitución ampara bajo leyes y reglamentos establecidos la protección del medio ambiente, como también promueve en el Sector Público y Privado el uso de nuevas alternativas energéticamente eficientes y limpias:

En el Título II.- DERECHOS, Capítulo Segundo.- Derechos de Buen Vivir, Sección Segunda.- Ambiente Sano, Art. 15.- *“El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”.*

De igual manera, en el Título VII.- RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR, Capítulo Segun-

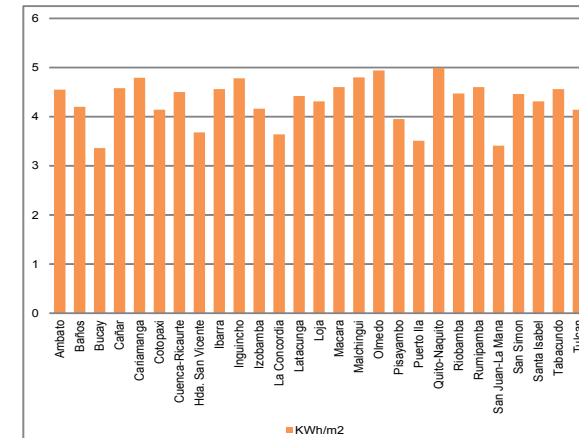
do.- Biodiversidad y recursos naturales, Sección Séptima.- Biósfera, ecología urbana y energías alternativas, Art. 413.- *“El Estado promoverá la Eficiencia Energética, el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no ponga en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”.*

#### - Análisis Técnico para la Implementación de Paneles Solares

Es evidente que los valores de radiación solar son importantes para poder determinar la factibilidad técnica que estos presentarían en el uso de paneles solares, para ello en el Gráfico N° 84 se presentan los promedios anuales de radiación solar en la región Sierra, en donde se puede identificar que la ciudad de Cuenca presenta una radiación intermedia-alta en relación a otros lugares de la Región, con un promedio anual de 4,5 KWh/m<sup>2</sup>.

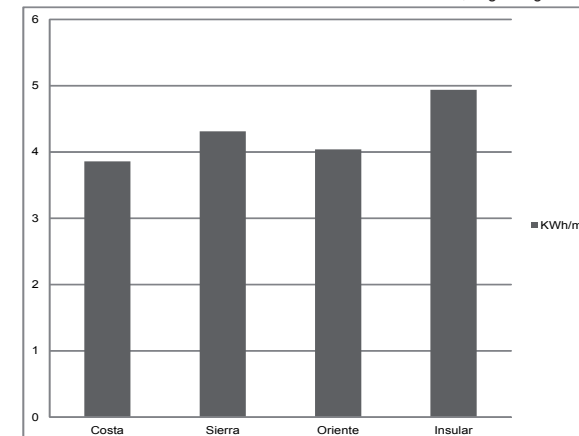
Por otra parte considerando las 4 regiones del país, como se puede ver en el Gráficos N° 85, la región Sierra presenta valores de radiación solar más

Gráfico N° 84.- Prom. anual de radiación solar en la Región Sierra, según lugares



Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

Gráfico N° 85.- Promedio anual de radiación solar en Ecuador, según regiones.



Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

elevados que la región Costa y Oriente. Además considerando la latitud de la ciudad de Cuenca (-2.9) y del país en general, presentamos una radiación solar que se mantiene prácticamente constante durante todo el año, permitiendo que el uso de paneles solares puedan darse de manera continua, si bien en algunos meses los valores de radiación disminuyen debido a la cambiante posición de la Tierra con respecto al Sol, la inclinación del planeta, la nubosidad y la polución, el promedio de los valores mínimos dan como resultado un valor de 3.9 K Wh/m<sup>2</sup> correspondiente al mes de Junio.

### - Análisis Económico de los Sistemas Solares

Uno de los aspectos más importantes y determinativos para concluir si un proyecto es viable, es su factibilidad económica, por lo que se ha considerado necesario analizar este estudio realizado en una tesis de grado “Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de Sol de construcción casera, para una vivienda

unifamiliar ( Autores: Ing. Juan C. Sarmiento e Ing. Fernando M.) “lo cual nos permitirá tomar de mejor manera las decisiones sobre la implementación de paneles solares en la propuesta de vivienda. De manera general durante el tiempo de vida de los sistemas de energía solar se esperaría que pase por las siguientes etapas: época de inversión, recuperación y ganancias. (Ver Gráfico N° 86) El procedimiento de la tesis antes citada en un primer paso ha considerado el costo promedio de la energía eléctrica para el país, en donde la tarifa residencial subsidiada es de alrededor de 8 ctvs el KWh, mientras que el precio real sin subsidio es de 15 ctvs de dólar. (Datos tomados de la página web del Consejo Nacional de Electricidad CONELEC). Con respecto al precio del Gas Licuado de Petróleo, según datos de Petroecu-

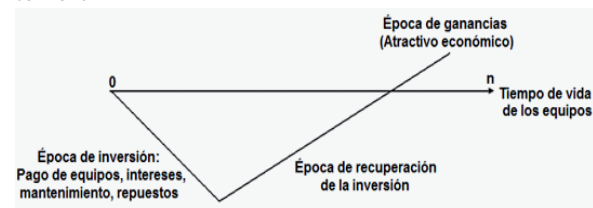
dor, el costo por kilogramo para el Sector Residencial subsidiado es de 0.10667 ctvs de dólar que multiplicado por los 15 kg que contiene un cilindro de gas, el costo es de \$1.60 frente al costo sin subsidio que sería de \$ 16.52 por cilindro.

### - Análisis Económico del Sistema Fotovoltaico Aislado y Conectado a la Red

Para el estudio de la amortización de los equipos en la ciudad de Cuenca para un sistema fotovoltaico aislado han considerado una familia promedio de 4 personas, en el cual se analiza un consumo energético muy básico, con sistemas de iluminación eficiente en corriente continua para evitar las pérdidas por calor. La distribución de energética según la carga y tiempo de trabajo se indica en la Tabla N°4 . El análisis eléctrico ha determinado que para este sistema básico es necesaria la implementación de 3 módulos fotovoltaicos de 185 Wp, 8 baterías de 150Ah, un regulador de carga y un inversor de corriente. El sistema total tiene un costo total aproximado de \$ 4705. (Ver Tabla N°5)

El análisis de amortización del sistema ha sido analizado con el precio de re-

Gráfico N° 86.- Etapas económicas de un proyecto que determina la viabilidad del mismo



Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.



## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

307

Tabla N° 4.- Demanda energética básica de una vivienda unifamiliar

CUADRO DE ARTEFACTOS Y POTENCIA INSTALADA							
	UBICACIÓN	CANT.	VOLTAJE	POTENCIA[W]	HORAS FUNCION	TOTAL [w]	Wh
CORRIENTE CONTINUA.							
FOCOS FLUORESCENTE CC	SALA	4	12	12	4	48	192
FOCOS FLUORESCENTE CC	COCINA	2	12	12	1	24	24
FOCOS FLUORESCENTE CC	COMEDOR	2	12	12	0,5	24	12
FOCOS FLUORESCENTE CC	CORREDOR	4	12	12	2	48	96
FOCOS FLUORESCENTE CC	BAÑOS	3	12	12	0,33	36	11,88
FOCOS FLUORESCENTE CC	DORMITORIO PADRES	2	12	12	2	24	48
FOCOS FLUORESCENTE CC	DORMITORIO HIJOS	2	12	12	3	24	72
FOCOS FLUORESCENTE CC	LAVANDERIA	1	12	12	0,17	12	2,04
FOCOS FLUORESCENTE CC	GARAJE	1	12	12	0,17	12	2,04
FOCOS FLUORESCENTE CC	ESTUDIO	1	12	12	1	12	12
FOCOS FLUORESCENTE CC	EXTERIORES	1	12	12	0,17	12	2,04
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>		<b>132</b>	<b>14,34</b>	<b>276</b>	<b>474</b>
CORRIENTE ALTERNA							
MINICOMPONENTE	DORMITORIO HIJOS	2	120	15	1	30	30
EQUIPO DE SONIDO	SALA	1	120	145	2	145	290
REFRIGERADORA	COCINA	1	120	420	0,75	420	315
COMPUTADOR PORTATIL	GENERAL	1	120	65	2	65	130
COMPUTADOR DE MESA	ESTUDIO	1	120	110	1	110	110
TELEVISOR LCD 17"	DORMITORIOS	3	120	25	2	75	150
DVD	DORMITORIOS	2	120	15	0,57	30	17,1
LICUADORA	COCINA	1	120	400	0,12	400	48
<b>TOTAL</b>		<b>12</b>		<b>1195</b>	<b>9,44</b>	<b>1275</b>	<b>1090,1</b>
						<b>1090,1</b>	<b>1355</b>

Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

ferencia nacional de energía eléctrica subsidiado y real del mismo, con lo cual se obtiene los datos de la Tabla N°6. De la misma manera, en estudios en donde se incluye únicamente para iluminación y otro donde se duplica la de-

manda energética, los tiempos de amortización son igualmente elevados, con lo cual los sistemas fotovoltaicos aislados no son rentables económicamente pues no se podrá recuperar la inversión inicial, esto se debe a que Ecuador cuenta

Tabla N° 5.- Datos de partida para el análisis económico en la ciudad de Cuenca

Demanda CC (Wh)	474
Demanda CA (Wh)	1090,1
Número de paneles necesarios	3
Número de baterías necesarias	8
Regulador	1
Inversor	1
Costo del Sistema (Precios en Ecuador)	\$ 4705

Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

Tabla N° 6.- Tiempo de amortización del sistema considerándolo como ideal

Demanda total KWh en 1 año	570,90
Ahorro anual (\$) con precio KWh subsidiado	47,44
Ahorro anual (\$) con precio KWh sin subsidio	85,63
Tiempo de amortización en años (KWh subsidiado)	99,17
Tiempo de amortización en años (KWh sin subsidio)	54,94

Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

con una tarifa eléctrica muy económica frente a países en donde estos valores son muy elevados. Además vale la pena indicar que los costos iniciales de los equipos no entregan ningún tipo de subsidio para su adquisición, por



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

lo cual su alcance por parte de la ciudadanía enfrenta grandes obstáculos.

Con respecto a los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, considerando el respaldo por la Constitución para apoyar a proyectos en donde involucre a las energías renovables para alcanzar el 8% requerido en la nueva matriz energética, puede encontrarse mayor factibilidad en su uso, pues según datos del CONELEC los precios para quienes generen energía con sistemas renovables y los vendan a la red pública son los que constan en la Tabla N° 7.

Si bien no se dispone de estudios de factibilidad económica con respecto a los sistemas conectados a la red, es evidente que al pagar a la compañía 8,925 ctvs (promedio nacional) y recibir por parte de ellos 40.03 ctvs por cada kWh podría recuperarse la inversión en pocos años, ya que la ganancia por el producto mencionado equivale al 448,51% de remuneración positiva. (Gráficos N° 87)

#### - Análisis Económico del Sistema Solar Térmico

La energía térmica es una ciencia que

se basa en estimaciones y todos sus resultados de cálculo y dimensionamiento se ven directamente relacionados con los hábitos y costumbres de las personas quienes la demandan. Estrictamente en el consumo de agua caliente sanitaria (A.C.S.) de una vivienda unifamiliar, la necesidad energética depende del volumen total de consumo por cada uno de sus integrantes. Generalmente la demanda se estima entre 30-40 lt/hab/día, requiriendo mayor cantidad de energía mientras mayor sea su volumen.

Otro parámetro importante es la temperatura deseada, ya que mientras más altas sean las exigencias, más alto será el requerimiento energético. Según la normativa española, la temperatura de almacenamiento de A.C.S. deberá bordear entre los 50-60 °C.

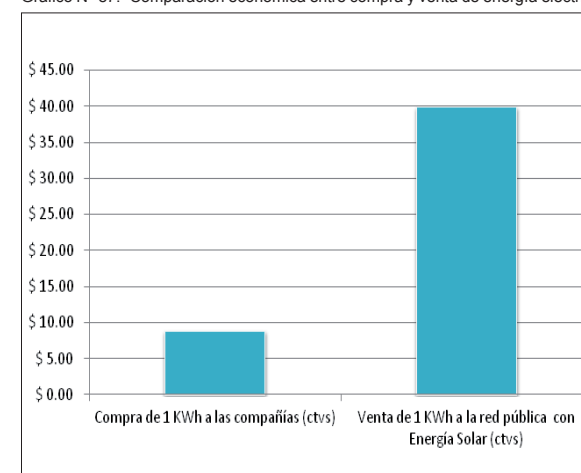
Según la tesis de grado previo al título de Ingeniero Eléctrico, ya anteriormente mencionada, en una vivienda unifamiliar conformada por 4 miembros que demanden un consumo máximo de 40 litros diarios de A.C.S. por persona, a una temperatura de 55°C en la ciudad de Cuenca, el global energético al utilizar un panel solar de marca Baxi Roca AR 30, se com-

Tabla N° 7.- Precios preferentes energías renovables en (cUSD / KWH), según territorio.

CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL (ctvs)	TERRITORIO INSULAR DE GALAPAGOS (ctvs)
Eólicas	9,13	10,04
Fotovoltaicas	40,03	44,03
Solar Termoeléctrica	31,02	34,12
Corrientes Marinas	44,77	49,25
Biomasa y Biogás < 5MW	11,05	12,16
Biomasa y Biogás > 5MW	9,60	10,56
Geotérmicas	13,21	14,53

Fuente: Consejo Nacional de Electricidad. CONELEC, reforma 0041

Gráfico N° 87.- Comparación económica entre compra y venta de energía eléctrica



Elaboración: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

309

porta como se explica en la Tabla N° 8.) Partiendo de los resultados obtenidos en este diseño, se presenta en la Tabla N° 9 el resumen de la factibilidad técnica y los costos iniciales de inversión. Con lo cual el tiempo de amortización encontrado para este caso se puede observar en la Tabla N°10. Los resultados muestran que si el gas continua siendo subsidiado tampoco será factible económicamente recuperar la inversión hecha, sin embargo en caso de que dejase de ser subsidiado entonces se puede hablar de un sistema completamente factible ya que la amortización se lo haría en un corto periodo de tiempo.

#### - Selección de los Sistemas Solares a Utilizarse en la Vivienda:

##### A) Sistema Fotovoltaico

Después de la revisión de las dos alternativas de sistemas solares fotovoltaicos, se ha considerado el uso de paneles fotovoltaicos conectados a la red, ya que según el análisis explicado anteriormente podrían ser factibles económicamente. Por un lado porque se reducen los costos al no contar con sistemas de acumulación, ni reguladores (ver Gráfico N°88) y por

Tabla N° 8.- Aporte energético solar y auxiliar a un sistema de A.C.S. en la ciudad de Cuenca para una vivienda unifamiliar

MES	Demanda Total (MJ)	Cobertura Solar (MJ)	Cobertura Auxiliar (MJ)
Ene	767	628	139
Feb	698	569	130
Mar	775	622	153
Abr	754	564	191
May	782	575	207
Jun	770	517	253
Jul	809	577	232
Ago	802	594	208
Sep	764	583	182
Oct	775	645	130
Nov	746	656	91
Dic	767	668	99
<b>AÑO</b>	<b>9212</b>	<b>7197</b>	<b>2015</b>
MES	Aporte E. Solar (%)		Aporte E. Auxiliar (%)
Ene	81,88		18,12
Feb	81,42		18,58
Mar	80,22		19,78
Abr	74,72		25,28
May	73,52		26,48
Jun	67,13		32,87
Jul	71,32		28,68
Ago	74,04		25,96
Sep	76,22		23,78
Oct	83,22		16,78
Nov	87,82		12,18
Dic	87,07		12,93
<b>AÑO</b>	<b>78,12%</b>		<b>21,88%</b>

Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

Tabla N° 9.- Factibilidad técnica y costos de inversión

Demanda anual de energía	9212 MJ
Cobertura solar	7197 MJ
Cobertura auxiliar	2015 MJ
Costos de Inversión	\$ 1200

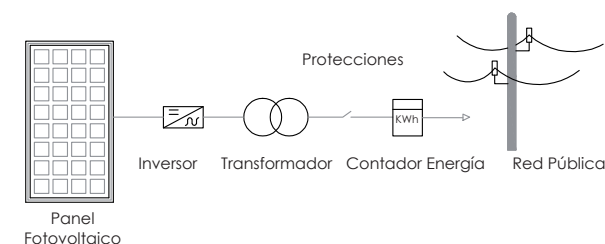
Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

Tabla N° 10.- Tiempo de amortización en la ciudad de Cuenca

Cilindros de gas (15 Kg) ahorrados en un año	10,82 cilindros
Ahorro anual con precio GLP subsidiado	\$ 17,32
Ahorro anual con precio GLP sin subsidio	\$ 178,79
Tiempo de amortización si el GLP es subsidiado	69,3 años
Tiempo de amortización si el GLP no se subsidia	6,71 años

Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

Gráfico N° 88.- Componentes del sistema solar fotovoltaico



Fuente: TESIS de grado previo al título de ingeniero eléctrico con tema en energías renovables. Autores: Ing. Juan C. e Ing. Fernando M.

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

otro lado la venta de energía autogenerada se puede realizar a un precio mayor que la comprada a la compañía de servicios de distribución eléctrica. Para su funcionamiento el sistema debe contar con:

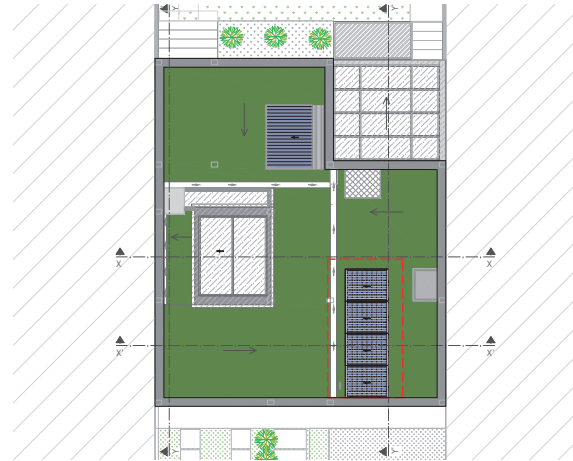
- Un inversor: la energía en corriente continua generada por el equipo fotovoltaico debe convertirse a corriente alterna para poder ser inyectada a la red eléctrica, de esta manera es imprescindible la utilización de un inversor que cumpla con este papel.

- Transformador: Es un dispositivo que convierte la energía alterna de un cierto nivel de tensión, como la que presentan los paneles fotovoltaicos, en energía alterna de otro nivel de tensión que se requiere para ser conectado a la red pública.

- Contador de energía: mide la cantidad de energía eléctrica que se entrega a la red.

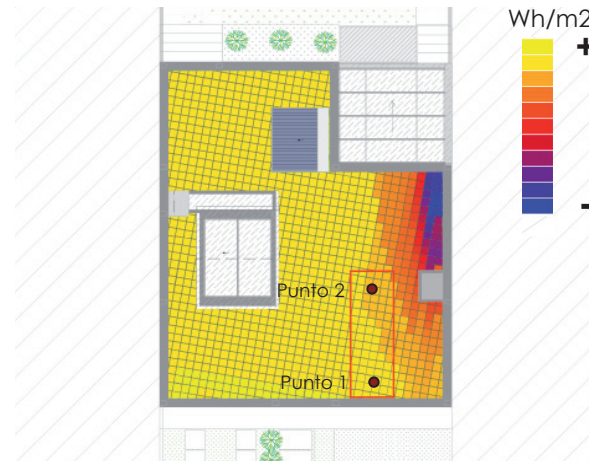
De esta manera para la elección de un espacio adecuado para la colocación de los paneles, se ha realizado un análisis de la incidencia de radiación solar en la cubierta de la vivienda como se puede ver en los Gráficos N° 89 y 90 encontrándose que esta disminuye en dirección Sur debido a la edificación aledaña. De esta manera después de hacerse la se-

Gráfico N° 89.- Ubicación de los paneles fotovoltaicos



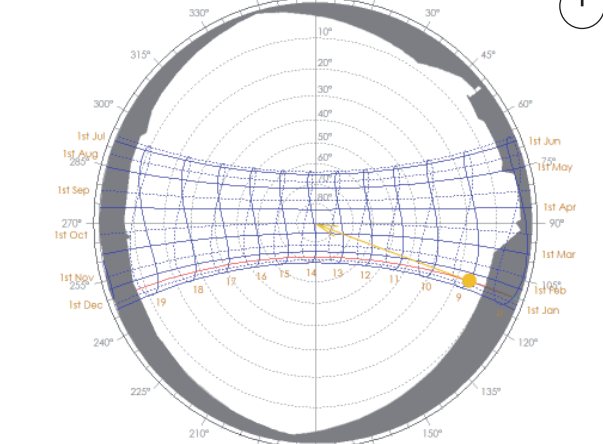
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 90.- Análisis de incidencia de radiación solar

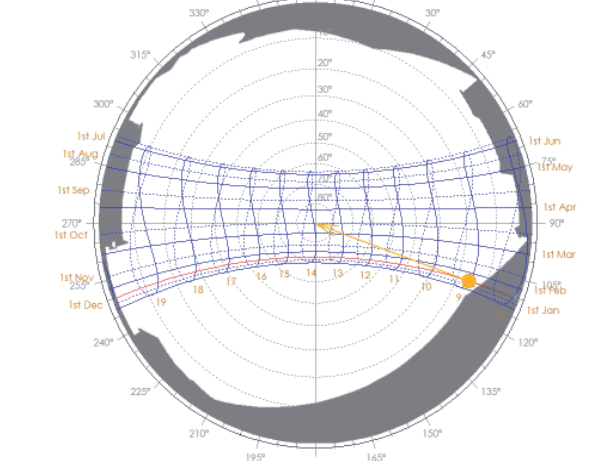


Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 91.- Análisis de sombras en puntos determinados, según recorrido diario y anual del sol. Punto 1



Punto 2



Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

311

lección del posible espacio, que además se encuentra lo más próximo a la red pública, se ha estudiado las sombras que podrían generarse por las edificaciones aledañas o por elementos de la misma edificación en los dos extremos de la zona en donde se colocarían estos elementos (Gráficos N°91), con lo que los resultados obtenidos en ambos casos, muestran que durante todo el día y en todos los días del año, no habrá ningún tipo de obstrucción en las horas de sol. La orientación de los paneles tanto el solar como el fotovoltaico debe ser en dirección Norte, pues al encontrarnos en el hemisferio Sur con latitud de  $-2.9$ , la trayectoria solar tenderá hacia el Norte. Por regla general la inclinación que deben presentar los paneles debe ser la misma que la latitud del lugar, sin embargo para latitudes inferiores a los 10 grados es recomendable que la inclinación sea como mínimo 10 grados (ver Gráficos N° 92), para provocar auto - limpieza del panel, de esta manera se deberá dar mantenimiento periódicamente, para evitar que disminuya su rendimiento.

#### B) Sistema Solar Térmico

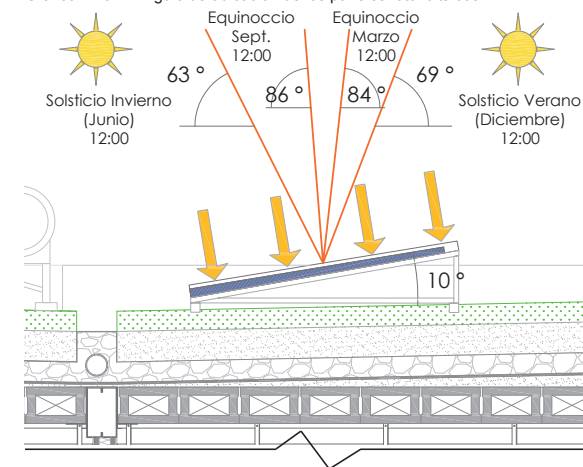
Si bien, según el análisis la inversión en

un panel solar térmico se llega a amortizar en poco tiempo si no hubiera subsidio al gas, no se ha descartado su colocación en esta propuesta de vivienda bioclimática, pues según la publicación del Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, se hace un reconocimiento que el subsidio a los derivados del petróleo ha influido fuertemente en la matriz energética en el país, provocando el crecimiento de la demanda de energía en mayores porcentajes que en el resto de países andinos. Es por ello que no se ha descartado la posibilidad de que exista alguna regulación en este aspecto.

Es así que se ha considerado su colocación estratégicamente, de manera que pueda aprovechar la radiación solar durante todo el día, en todos los días del año, sin presentar inconvenientes por las edificaciones aledañas o elementos de la misma edificación. (ver Gráficos N° 93 y 94). De igual manera la inclinación del panel es de 10 grados, recomendado para latitudes menores a 10 grados (ver Gráfico N° 95)

Para que se pueda estimar cuál sería el rendimiento del panel solar térmico, con la colaboración de los autores de la te-

Gráfico N° 92.- Angulo de ubicación de los paneles fotovoltaicos



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 93.- Análisis de incidencia de radiación solar



Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

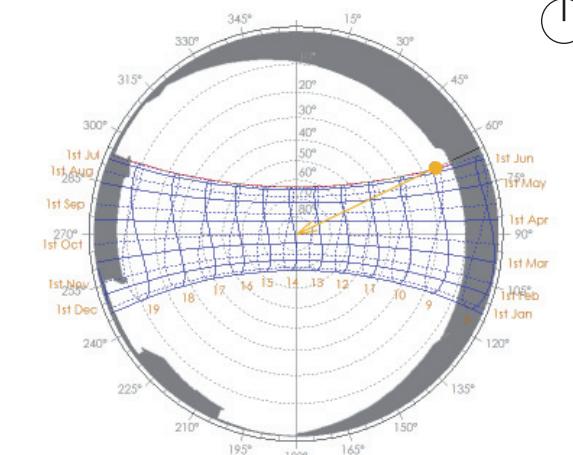
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

sis en Energía Renovables antes mencionada, se ha tomado como ejemplo el uso del panel AR20 Baxi-Roca con lo cual mediante datos de su ficha técnica, datos generales como el número de personas, demanda por usuario en un día y temperatura que deberá alcanzar el agua al calentarse y datos de radiación solar de la ciudad, se ha obtenido los resultados que se pueden observar en el Gráfico N°96 en donde para la demanda total de energía en todos los meses se podrá contar con aportes solares, en unos más que en otros debido a la variación de la radiación. De la misma forma será necesaria la utilización de un sistema alternativo que en este caso será a base de electricidad, sobre todo en los meses de menor radiación como mayo, junio y julio.

Cabe señalar que se ha considerado 4 personas, el número planteado para la vivienda. Con respecto a la demanda de agua caliente por usuario en un día, se ha tomado el valor de “40 lt” recomendado en la publicación del Compendio de Energía Solar y a una temperatura de 55 grados.

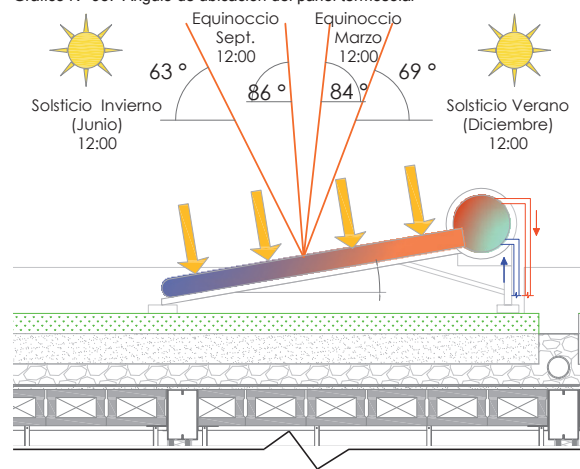
De manera general se estima que el 72.56% pertenece a los aportes anuales que se obtendrá con energía solar

Gráfico N° 94.- Análisis de sombras en un punto determinado



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 95.- Angulo de ubicación del panel termosolar

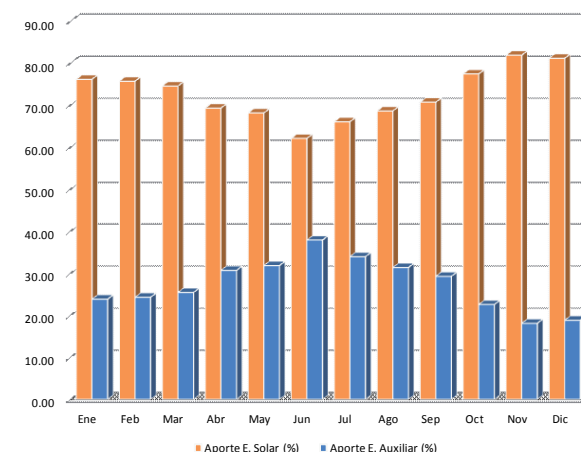


Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 96.- Aporte energético solar y auxiliar a un sistema de A.C.S. en la ciudad de Cuenca, según los meses de año.

MES	Demanda Total (MJ)	Cobertura Solar (MJ)	Cobertura Auxiliar (MJ)
Ene	768	585	183
Feb	700	530	170
Mar	777	579	198
Abr	756	524	232
May	783	534	249
Jun	772	479	293
Jul	810	535	275
Ago	804	551	252
Sep	766	541	224
Oct	777	601	175
Nov	748	612	135
Dic	768	624	145
AÑO	9227	6696	2532

DEMANDA TOTAL DE ENERGIA



MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ap. E. Solar (%)	76.2	75.7	74.6	69.3	68.2	62.1	66.0	68.6	70.7	77.4	81.9	81.2
Ap. E. Auxiliar (%)	23.84	24.29	25.45	30.70	31.84	37.91	33.96	31.38	29.29	22.57	18.11	18.84

Elaboración: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

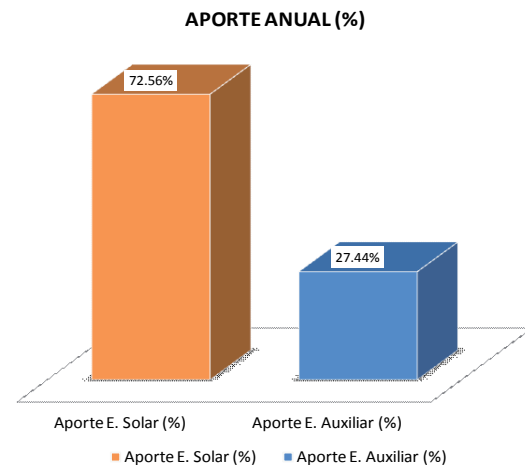
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

313

y únicamente el 27.44% se requerirá de un aporte auxiliar (ver Gráfico N°97).

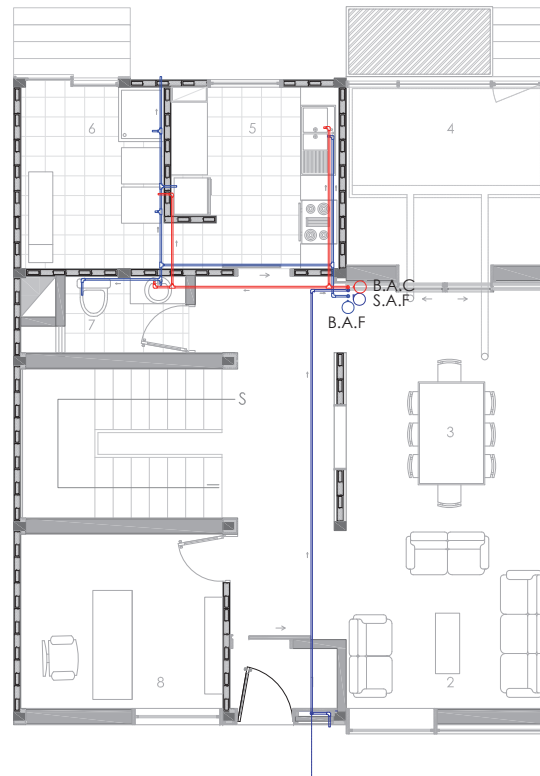
Con respecto a la distribución de esta, la red de agua fría llega al tanque del colector solar que se encuentra en la cubierta y en un segundo momento al resto de los espacios de manera que se evite problemas por falta de presión. Con respecto a la red de agua caliente después de salir del elemento de almacenamiento se distribuye a los diferentes espacios en donde su uso es requerido por gravedad (ver Gráficos N° 98 y 99).

Gráfico N° 97.- Estimación en porcentajes de aporte solar y auxiliar



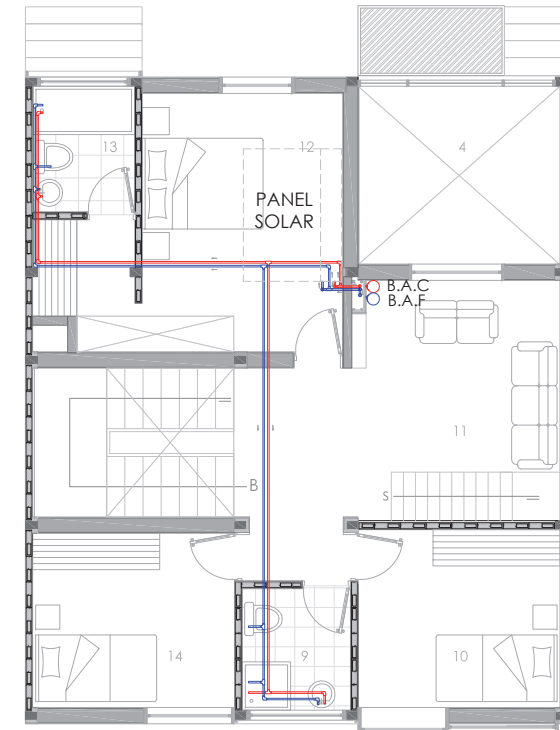
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 98.- Distribución de agua potable en planta baja



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 99.- Distribución de agua potable en planta alta



Elaboración: Grupo de Tesis



3.2.5.- Otros Factores Ambientales

3.2.5.1.- Diseño Lumínico

Un adecuado aprovechamiento de la iluminación natural ha sido considerado como un elemento de diseño importante para la generación de hábitats humanos más sostenibles, ya que permite disminuir el consumo de energía de la edificación, al minimizar la dependencia del alumbrado artificial. Igualmente está relacionado con la salud humana así como con la calidad y el confort del ambiente luminoso interior como se ha explicado en el Capítulo I.

Para este diseño es importante considerar que la luz natural procedente de la bóveda celeste consta de tres componentes: el haz directo procedente del sol, la luz natural difundida en la atmósfera (incluidas nubes), que es la componente difusa del cielo y la luz procedente de reflexiones en el suelo y objetos en el entorno exterior. Es por ello que la orientación de una fachada de un edificio, y por tanto de las ventanas situadas en él, influyen en gran medida en la iluminación interior, ya que la posición del sol afectará significativamente el grado de penetración de luz solar. En el caso

de la vivienda se puede afirmar que debido a que las fachadas frontal y posterior se encuentran orientadas en sentido Este-Oeste, las ventanas ubicadas en éstas permitirán un adecuado aprovechamiento de la iluminación natural. Es así que en el diseño de la vivienda se ha buscado distribuir adecuadamente la luz natural al interior de los recintos, considerando en primer lugar el grado de acristalamiento (superficie de ventanas en relación a la sumatoria de las superficies de paredes, cielo raso y suelo) en cada uno de éstos, ya que “como regla general, un acristalamiento elevado o muy alto puede provocar problemas de control térmico y deslumbramiento. Un acristalamiento bajo o muy bajo puede producir niveles de iluminación excesivamente bajos, especialmente donde predominan los cielos cubiertos, la contaminación atmosférica o donde los edificios adyacentes reducen la disponibilidad de luz natural.”<sup>19</sup>

Para ello se ha realizado el dimensionamiento de las ventanas tomando en consideración la siguiente clasificación, tomada de la Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios, elabora-

da por el Comité Español de Iluminación (CEI) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

- Muy bajo acristalamiento: menor del 1%
- Acristalamiento bajo: 1 - 4%
- Acristalamiento medio: 4 - 10%
- Elevado acristalamiento: 10 - 25%
- Muy alto acristalamiento: mayor de 25%

Como se puede observar en la Tabla N° 11 todos los ambientes de la vivienda cuentan con un nivel medio de acristalamiento que en este caso varía entre el 6,6 y 10,1%.

Igualmente con respecto a la forma de los vanos, se ha optado por ventanas verticales, que se extienden de piso a cielo raso, ya que mientras más alta es una ventana mayor es la profundidad de penetración de luz natural. Por lo general se conoce que “un espacio estará potencialmente bien iluminado para una profundidad máxima (distancia) correspondiente a 2 veces la altura de la ventana, medida desde el piso. Este va-

<sup>19</sup> Guía Técnica para el Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios, Comité Español de Iluminación (CEI) - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), pág. 48

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

315

lor se podría reducir a 1,5 veces la altura para condiciones de cielo nublado.”<sup>20</sup> Por lo tanto contando con una altura de ventana igual a 2,4m, la distancia iluminada sería de 3,6m (cielo nublado) a 4,8m (cielo despejado), de manera que el acceso de la iluminación en los ambientes es eficiente pues la profundidad que éstos alcanzan varía entre 3 y 4,3m.

Así mismo las ventanas a más de servir como entrada de luz natural también cumplen la función de permitir la visión y relación con el mundo exterior, por lo que también se ha buscado favorecer esto mediante el tamaño y la altura de los vanos, ya que cuanto más bajos son estos permiten una mayor visión.

Otro de los aspectos que se ha considerado es la reflectancia (relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente) de las superficies internas, lo cual está condicionado por su color y material, ya que su efecto sobre la distribución de la luz natural es crucial, para ello se han seguido los márgenes de reflectancia útiles recomendados en la Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios (ver Tabla N°12), mencionada anteriormente.

En base a esto con el objetivo de obtener una mayor eficiencia de la luz natural al interior, se ha optado por valores cercanos a los márgenes superiores. Estableciendo colores con reflectancia de 0,75 en la mayoría de las paredes, a excepción de aquellas que por motivo de diseño y control de luminancias, tema que se explicará más adelante, se han planteado con una reflectancia de 0,4. Para el cielo raso, éste es de color blanco, teniendo así una reflectancia de 0,9, mientras que el piso cuenta con una de 0,4 en las zonas de descanso, social y en el estudio, en tanto que en la cocina y lavandería es de 0,5.

Todos estos criterios aplicados han conducido hacia un diseño lumínico de la vivienda cuya eficiencia en relación a niveles de iluminancia y luminancia se analizará en el siguiente subtema.

#### A) Validación del Confort Lumínico en la Vivienda

La iluminancia y su distribución tienen un gran impacto en cómo una persona percibe y realiza la tarea visual de un modo rápido, seguro y confortable, por ello uno de los criterios considerados

Tabla N° 11.- Porcentajes de acristalamientos, según los diferentes ambientes

ESPACIO	AREA: PAREDES, PISO,TECHO (m <sup>2</sup> )	AREA VENTANAS (m <sup>2</sup> )	%
Sala - Comedor	82,18	7,0	8,5
Estar	51,23	3,6	7,0
Estudio	46,98	3,36	7,2
Cocina	41,34	2,75	6,6
Lavandería	35,88	3,65	10,1
Dormitorio Padres	63,55	4,3	6,8
Dormitorio Hijos 1	46,98	3,36	7,2
Dormitorio Hijos 2	46,98	3,36	7,2
Baño Padres	21,35	1,8	8,4
Baño Hijos	23,50	1,8	7,6

Elaboración: Grupo de Tesis

Tabla N° 12.- Rango de reflectancias adecuadas, según los elementos que componen el espacio interno.

SUPERFICIE	MARGENES DE REFLECTANCIA ÚTILES
Techo	0,6 - 0,9
Paredes	0,3 - 0,8
Planos de Trabajo	0,2 - 0,6
Suelo	0,1 - 0,5

Fuente: Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios.

<sup>20</sup> Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, *Waldo Bustamante*, pág. 85



para un correcto diseño lumínico en la vivienda ha sido el propiciar un nivel de iluminación óptimo para cualquiera de las actividades y zonas de trabajo, cuyos valores recomendados por normas internacionales se muestran en la Tabla N°13.

Para dicho análisis se ha empleado el software Ecotect, el cual permite determinar los niveles de iluminación en cada uno de los ambientes, es decir establece la distribución de la iluminancia que corresponde al flujo luminoso recibido por unidad de superficie y se mide en luxes (lux). El método que emplea el software es conocido con el nombre de factor de luz del día (explicado en el Capítulo I), en el cual intervienen algunos aspectos como: la iluminancia del cielo (parcialmente nublado o nublado), el área y ubicación de las ventanas y la reflectancia de las superficies internas. También es necesario establecer las características y propiedades del vidrio utilizado tales como el coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC), la transparencia o factor de transmisión de luz, índice de refracción, color y especularidad. Además se ha definido el grado de limpieza de las ventanas, optándose por un término medio, ya que esto

condiciona también el nivel de iluminación que se alcanza al interior.

De acuerdo con esto se ha procedido a analizar cada una de las zonas de la vivienda, siendo estas de descanso (*dormitorio 1,2 y 3*), social (*sala-comedor y estar*) y de trabajo (*estudio, cocina y lavandería*). Para las dos primeras así como para el estudio, el análisis se ha realizado considerando una altura de la superficie de trabajo a 0,7 m del suelo, y a 0,9 m para la cocina y lavandería. Además de conocer la distribución de iluminancias mediante una grilla, siguiendo el mismo criterio del análisis de la muestra de viviendas en la ciudad de Cuenca (Capítulo II) se ha dividido al espacio en 4 cuadrantes y en el centro de cada uno de estos se ha obtenido el nivel de iluminación para así calcular el promedio de iluminancia.

Para la generación de éstas gráficas se ha considerado un cielo parcialmente nublado, con una iluminancia de 19000 lux (valor derivado de la latitud), así como también el caso más desfavorable, que es un cielo totalmente cubierto (5000 lux).

Se ha realizado también un análisis proponiendo la utilización de persianas in-

Tabla N° 13.- Niveles de iluminancia recomendados, por rangos de iluminación y según los diferentes ambientes de una vivienda.

AMBIENTES VIVIENDA		ILUMINACIÓN MINIMA (LUX)	ILUMINACIÓN OPTIMA (LUX)	ILUMINACIÓN MAXIMA (LUX)
Escalera	General	100	100	
Dormitorio	General	70	200	600
	Cama y Espejos	200	350	
Sala y Estar	General	70	300	600
	Lectura, Costura	300	500	
Estudio	General	70	500	750
Comedor	General	70	200	400
Cocina	General	100	300	600
	Zonas Trabajo		500	
Baño	General	70	100	
	Espejos	200	500	

Fuente: Introducción a la arquitectura bioclimática y otros autores

ternas, las cuales serán de madera en color marrón oscuro. Para el análisis se ha planteado que éstas tengan un ángulo de inclinación de 45° en la fachada Este, que como se explicó en el tema de Ganancias Solares Directas, permite un adecuado ingreso de la radiación solar directa, siguiendo el mismo criterio explicado en dicho tema, el ángulo de inclinación en la fachada Oeste es de 40°.

De igual manera se ha tenido en cuenta que complemento de los niveles de iluminación debe existir una adecuada distribución de las luminancias dentro del



campo de visión. La luminancia se refiere a la energía luminosa emitida o reflejada por una superficie en dirección al ojo de un observador y se mide en candelas por  $m^2$  ( $cd/m^2$ ). Esta se encuentra constituida por la reflectancia de una superficie y la iluminancia que incide sobre ella. Su estudio es fundamental pues condiciona el nivel de adaptación del ojo y afecta el confort visual, ya que “por una incorrecta recepción o distribución de las luminancias en el plano o área de actividad, se reduce la visión (deslumbramiento perturbador) o se produce incomfortabilidad (deslumbramiento molesto)”<sup>21</sup>. Por estas razones se ha buscado evitar las siguientes circunstancias:

- Luminancias demasiado altas (mayores a  $500cd/m^2$ ), que pueden provocar deslumbramiento;
- Contrastes de luminancia demasiado altos, que causarán fatiga debido a la readaptación constante de los ojos.

De esta manera empleando el software Ecotect se ha podido determinar los niveles de luminancia que se obtienen en cada uno de los espacios para un cielo con una iluminancia de 19000 lux. El análisis de esto se ha realizado en función

de algunas normas (establecidas en: Arquitectura bioclimática para un entorno sostenible de Javier Neila / Ergonomía y Psicología Aplicada de F. Javier Llanaez Alvarez / Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios del Comité Español de Iluminación y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), las cuales se pueden ver en las Tablas N°14 y 15.

Como se puede apreciar en el Gráfico N°100 que corresponde a la zona de descanso con un cielo de 19000 lux, en relación al *dormitorio 1*, en la parte más alejada de la ventana se obtienen iluminancias de aproximadamente 300 lux, mientras que en la zona adyacente a la ventana y el tragaluz de la cubierta, los valores se encuentran alrededor de los 3000 y 2000 lux, respectivamente.

En el *dormitorio 2*, igualmente se tiene un valor mínimo cercano a los 300 lux y un máximo de 3200 lux, éste último es en el área inmediata a la ventana. Niveles similares se registran en el *dormitorio 3*, pues varían entre los 300 lux y 3500 lux aproximadamente.

A partir de registrar la iluminancia en

Tabla N° 14.- Luminancias recomendadas, según superficies de los elementos que conforman los espacios interiores.

SUPERFICIE	LUMINANCIAS RECOMENDADAS ( $cd/m^2$ )
Techo	100 - 200
Paredes	50 - 150
Planos de Trabajo	100 - 300
Superficies en General	< 500

Fuente: Ergonomía y Psicología aplicada y Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios.

Tabla N° 15.- Contrastes aceptables, según superficies de trabajo y entorno

SUPERFICIE	CONTRASTE ACEPTABLE
Entre la tarea y el entorno más oscuro	3:1
Entre la tarea y la superficie alejada más oscura	10:1
Máximo contraste	40:1

Fuente: Arquitectura bioclimática para un entorno sostenible y Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios.

4 puntos se han obtenido promedios, siendo de 793,9 lux en el *dormitorio 1*, de 830,8 lux en el *dormitorio 2* y de 912,3 en el *dormitorio 3*. Como se puede constatar en la Tabla N°13, estos superan la máxima recomendada, sin embargo es importante mencionar

<sup>21</sup> Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, Javier Neila, pág. 257



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

que ésto se puede controlar mediante la protección de las ventanas, por ello se han obtenido gráficas planteando la utilización de persianas interiores que regulan el ingreso de la iluminación.

De este modo en los *dormitorios 1, 2 y 3* los niveles de iluminación promedio que se obtienen son de 715,9 - 647,2 y 716,4 lux, respectivamente. (Ver Gráfico N°101). Dichos valores pueden reducirse aun más para llegar a los niveles de iluminación adecuados a medida que se reduzca el ángulo de inclinación de las persianas, ya que como se explicó anteriormente el ángulo con el que se realizó el análisis esta planteado con el propósito de permitir el máximo ingreso de radiación solar directa.

En el Gráfico N°102, que corresponde a un cielo totalmente cubierto, con una luminancia de 5000 lux, el nivel mínimo en los tres dormitorios es de 100 lux, en tanto que el máximo se encuentra alrededor de 1200 lux y únicamente en el *dormitorio 3* alcanza 1500 lux. De esta manera los promedios se encuentran entre los 245 y 291 lux, lo cual cumple con el nivel mínimo requerido en estos espacios. Por otra parte, en cuanto a la luminancia

de las superficies que componen cada ambiente, como se puede observar en los Gráficos N° 103 y 104, en el *dormitorio 1* se alcanzan valores que se encuentran entre el rango recomendado (ver Tabla N°14), ya que en las paredes la luminancia promedio varían entre 85 y 122 cd/m<sup>2</sup>. En el cielo raso se obtiene un promedio de 110 cd/m<sup>2</sup> y en el piso de 120 cd/m<sup>2</sup>.

De la misma manera en el Gráfico N°104 se puede constatar que los contrastes de luminancias cumplen con lo recomendado (ver Tabla N°15), pues entre el área de la tarea (cabecera de la cama) y el entorno más oscuro (banda de 0,5 m que rodea el área de la tarea) la relación es de 145:50 (2,9). El máximo contraste en este espacio es de 320:45 (7,1).

En cuanto al *dormitorio 2*, las luminancias se encuentran dentro de los valores adecuados, ya que las paredes cuentan con un promedio que oscila entre 88 y 120 cd/m<sup>2</sup>, mientras que en el cielo raso y piso el promedio es de 106 y 195 cd/m<sup>2</sup>. (Ver Gráficos N°105 y 106). Como se puede observar en el Gráfico N°106, el contraste entre el área de la tarea y el entorno más oscuro se encuentra

en la relación 160:55 (2,9), mientras que el máximo contraste es de 320:35 (9,1).

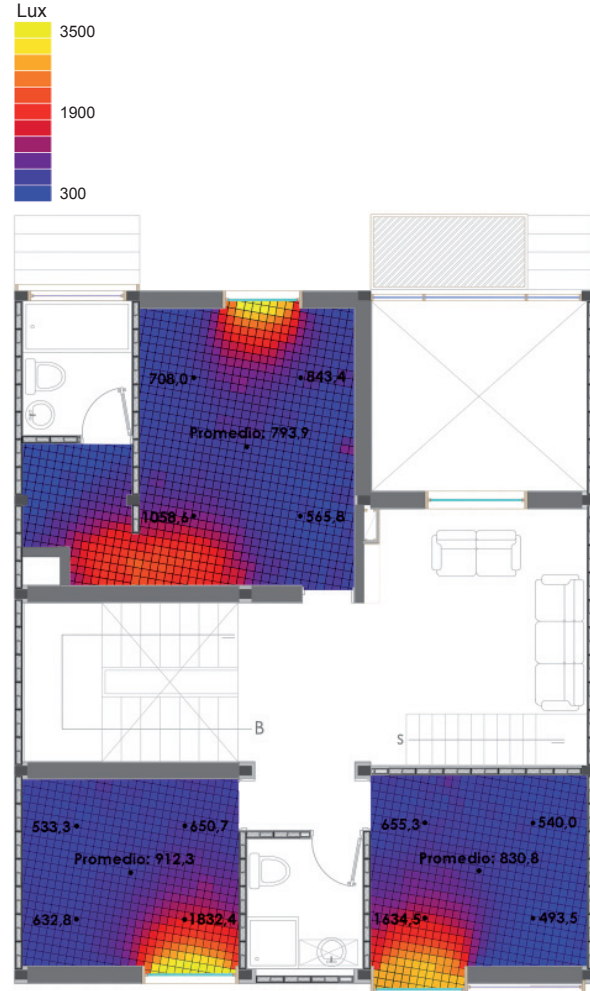
Finalmente en el *dormitorio 3*, en las paredes se tienen luminancias promedio entre los 116 y 115 cd/m<sup>2</sup>. En el caso del piso se tiene un promedio de 136cd/m<sup>2</sup> y en el cielo de 100 cd/m<sup>2</sup>. (Ver Gráficos N° 107 y 108.) Por lo tanto todos estos valores se ubican dentro del rango recomendado para cada superficie. Con respecto a los contrastes, de igual manera éstos se encuentran dentro de las relaciones recomendadas (ver Gráfico N°108) , ya que entre el área de la tarea y el entorno más oscuro esta es de 160:60 (2,7), mientras que el máximo contraste es de 470:40 (11,7).

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

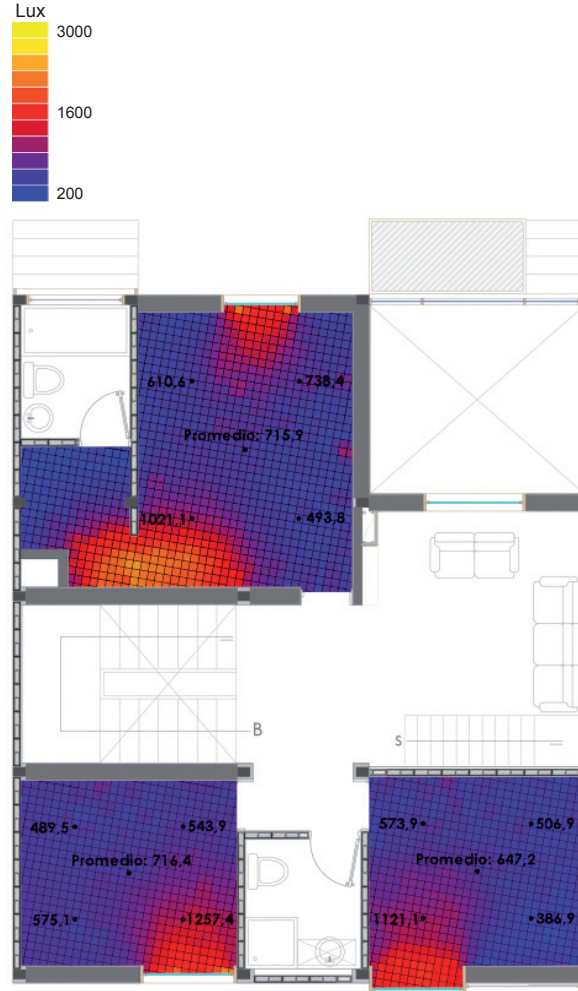
319

Gráfico N° 100.- Niveles iluminancia sin persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



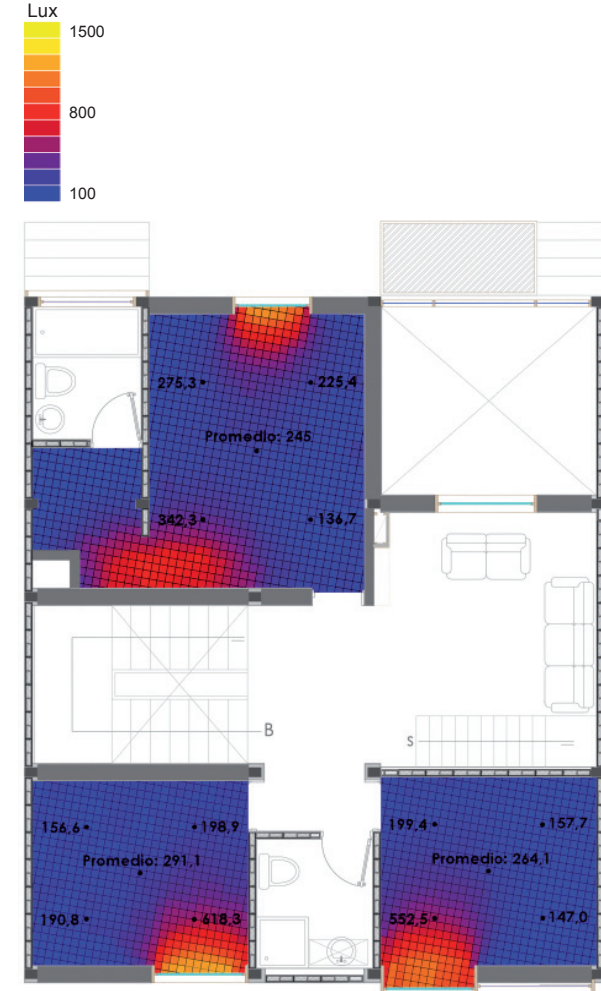
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 101.- Niveles iluminancia con persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 102.- Niveles iluminancia sin persianas (cielo cubierto 5000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

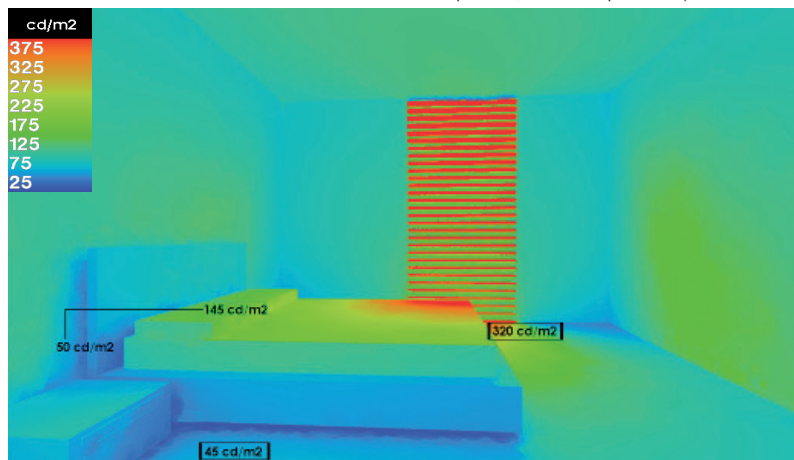
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 103.- Dormitorio 1: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 104.- Dormitorio 1: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



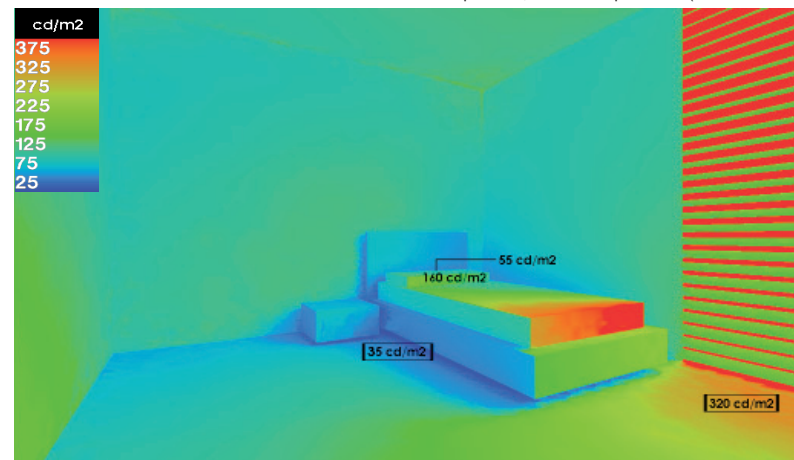
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 105.- Dormitorio 2: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 106.- Dormitorio 2: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

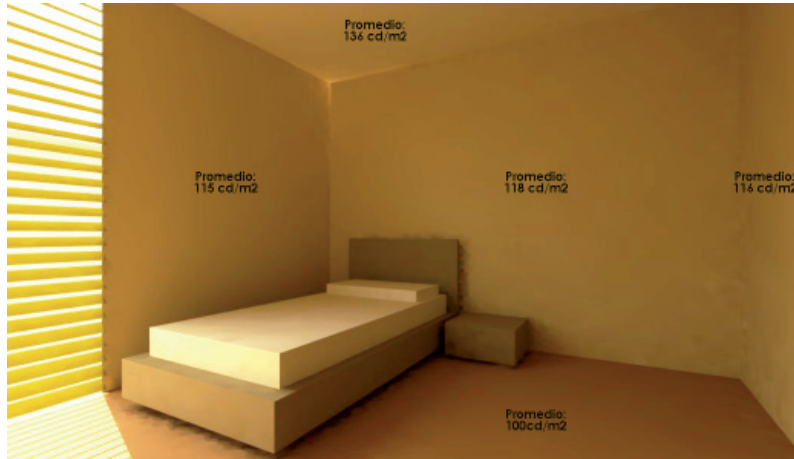


### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

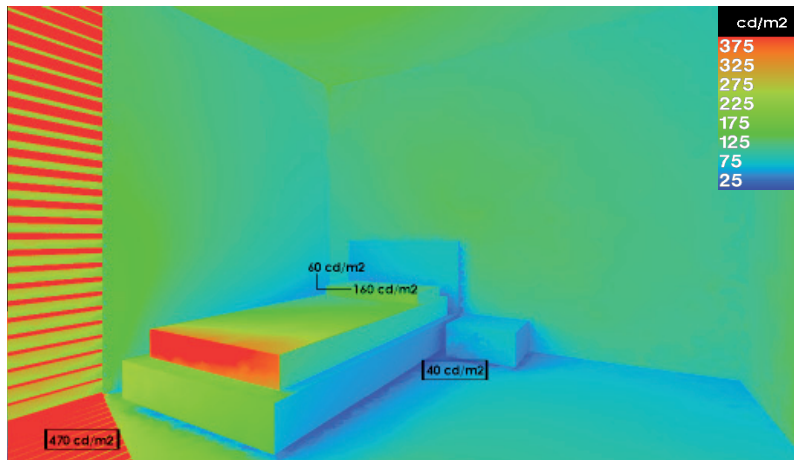
321

Gráfico N° 107.- Dormitorio 3: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 108.- Dormitorio 3: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis





### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

En cuanto al análisis en la zona social, que incluye la *sala-comedor* y al *estar* de planta alta, para un cielo con una iluminancia de 19000 lux, en el primer espacio se obtienen niveles de iluminación que varían entre 300 y 3500 lux, este último se presenta en la zona adyacente a la ventana (ver Gráfico N°109).

En el área del *comedor* la iluminación es menor que en la *sala*, debido a que la ventana se encuentra con lamas de madera fijas, las cuales como se explicó en el tema de Ganancias Solares Directas, tienen una inclinación de 45°, que permite un adecuado ingreso de la radiación solar y por lo tanto de la luz natural.

De esta manera en la zona adyacente a esta ventana se alcanza un nivel de iluminación de alrededor de 1100 lux. Igualmente se ha registrado la iluminancia en 4 puntos de cada espacio, obteniendo a partir de éstos un promedio de 902,8 lux en la *sala* y de 531,2 en el *comedor*. Dichos valores si bien superan la máxima recomendada, se controlan mediante la utilización de persianas interiores en el caso de la *sala*. Es así que como se puede constatar en el Gráfico N° 110, los niveles promedio se reducen a 727,6 lux

en la *sala* y 509,9 en el *comedor*, los cuales pueden ser incluso menores al reducir el ángulo de inclinación de las persianas, pues el ángulo planteado favorece el mayor ingreso de radiación solar directa.

Por último en el caso más desfavorable, es decir con un cielo totalmente cubierto, se obtiene un promedio de 287,1 lux en la *sala* y de 165,4 en el *comedor*, cumpliéndose así con los valores mínimos recomendados para cada espacio.(ver Gráfico N°111).

Con respecto al *estar*, en el primer caso que corresponde a un cielo con 19000 lux de iluminancia, los niveles que se presentan varían entre 500 y 1800 lux. A partir de la iluminancia registrada en cuatro puntos se ha obtenido un promedio de 659,8 lux (ver Gráfico N°112), el cual mediante la implementación de persianas se reduce a 607,5 lux (ver Gráfico N°113). Analizando esta zona para el caso más desfavorable, como consta en el Gráfico N°114, se alcanzan el valor mínimo requerido, pues se tiene un promedio de 210,8 lux.

En relación a los niveles de luminancia, para el caso de la sala como se puede

apreciar en los Gráfico N°115 y 116, todas las superficies se encuentran con valores dentro del rango recomendado (ver Tabla N°14). Las paredes tienen un promedio que oscila entre los 73 y 145 cd/m<sup>2</sup>. Es importante mencionar que la pared cuya reflectancia es de 145 cd/m<sup>2</sup>, cuenta con una reflectancia menor que las demás, siendo esta de 0,4 lo cual ha permitido controlar la luminancia en esta superficie, pues al encontrarse bastante cerca de la ventana, la cantidad de luz que incide sobre ella es mayor. En cuanto al cielo raso y piso, éstos tienen una luminancia promedio de 105 y 135 cd/m<sup>2</sup>.

En el comedor, la luminancia de las paredes se encuentra en un rango de 59 a 90 cd/m<sup>2</sup>, en tanto que en el piso y cielo raso se tienen valores de 37 y 108 cd/m<sup>2</sup>, respectivamente, por lo tanto se puede decir que se cumple con los valores recomendados ( ver Gráficos N° 117 y 118).

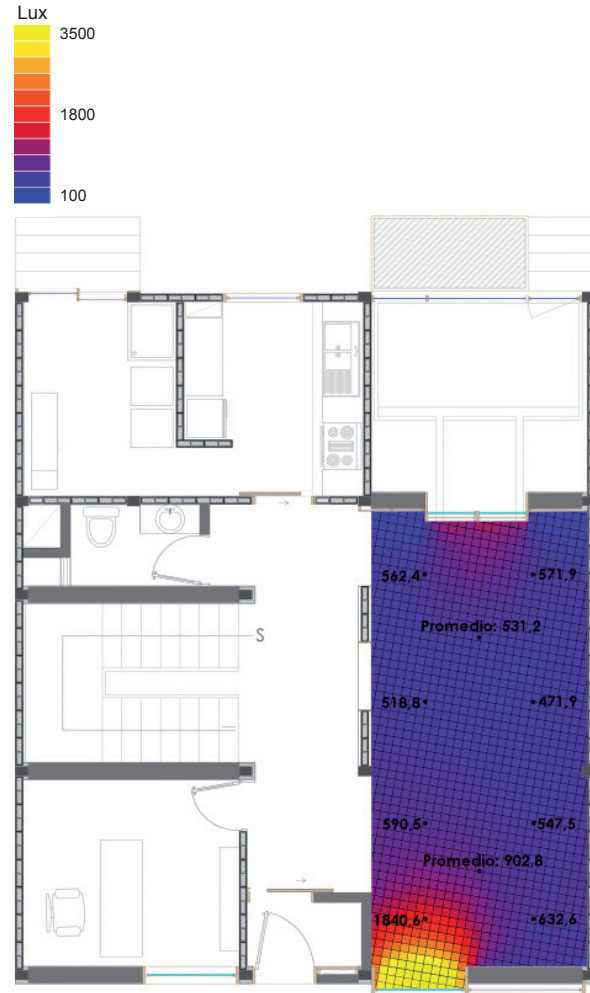
Lo mismo se puede concluir en relación al estar en planta alta, ya que las paredes constan con luminancias que varían entre 64 y 100 cd/m<sup>2</sup>, en tanto que en piso y cielo raso se tiene en orden 94 y 99 cd/m<sup>2</sup>. ( ver Gráficos N° 119 y 120).

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

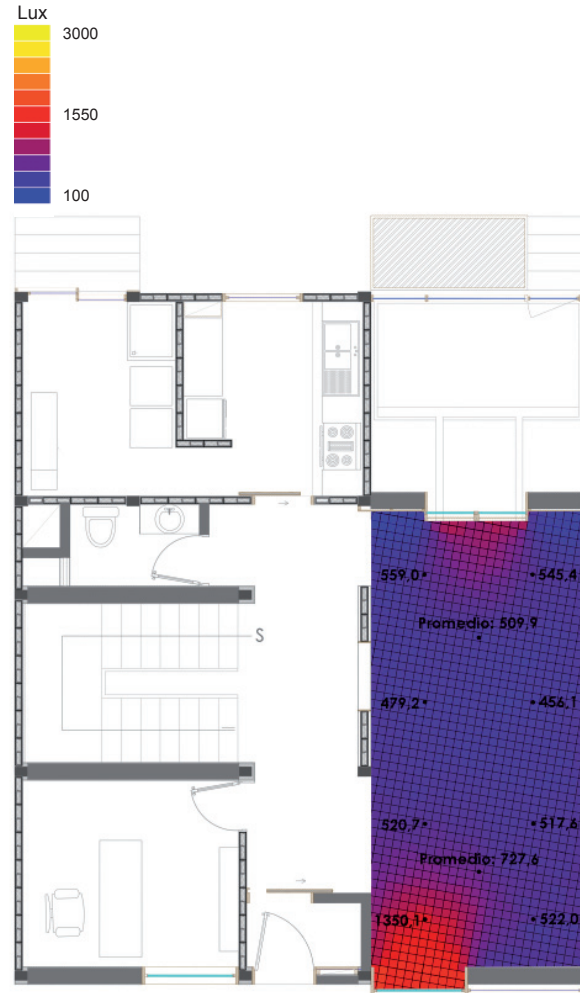
323

Gráfico N° 109.- Niveles iluminancia sin persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



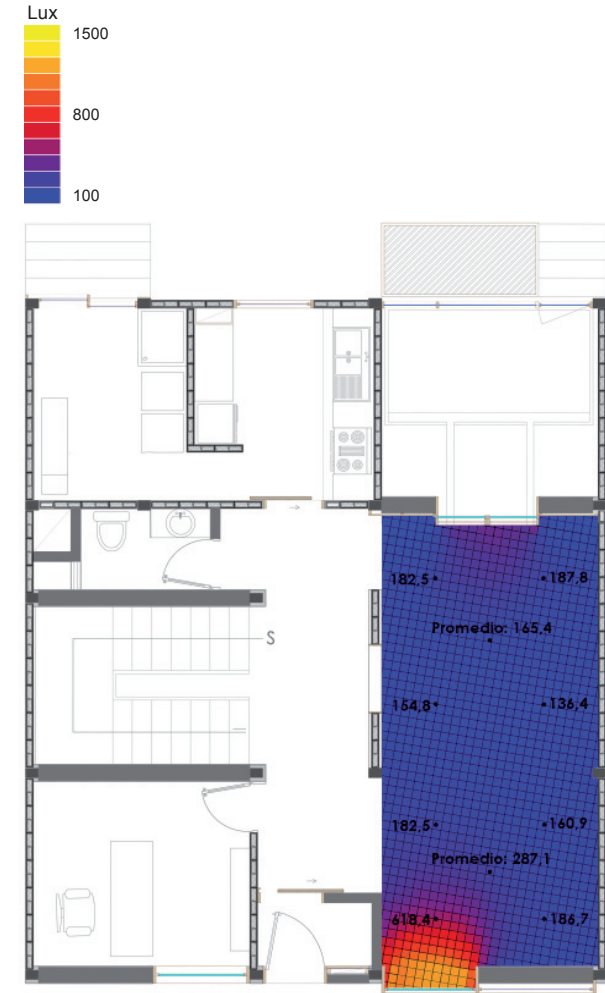
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 110.- Niveles iluminancia con persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 111.- Niveles iluminancia sin persianas (cielo cubierto 5000 lux).

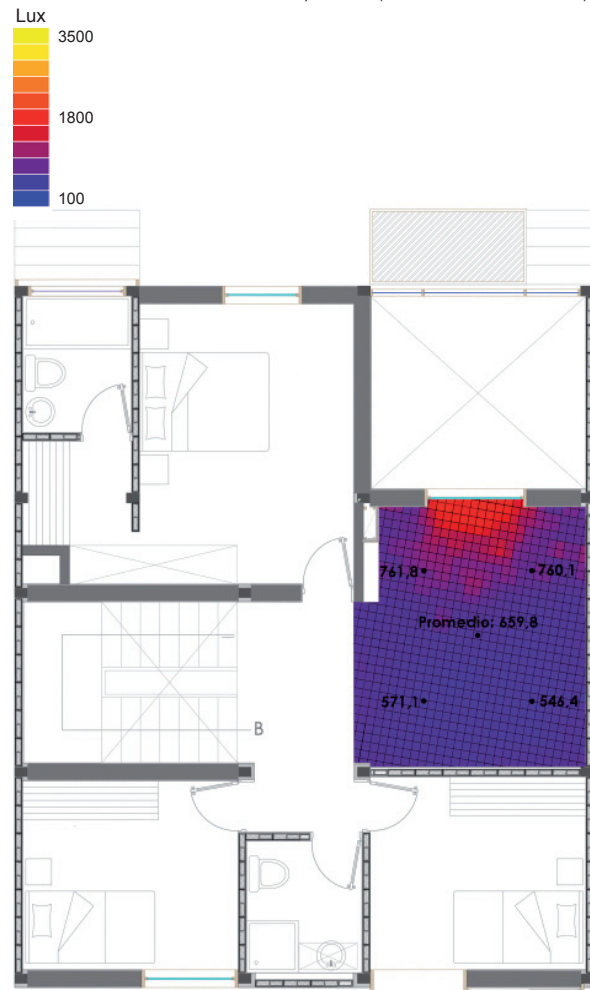


Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

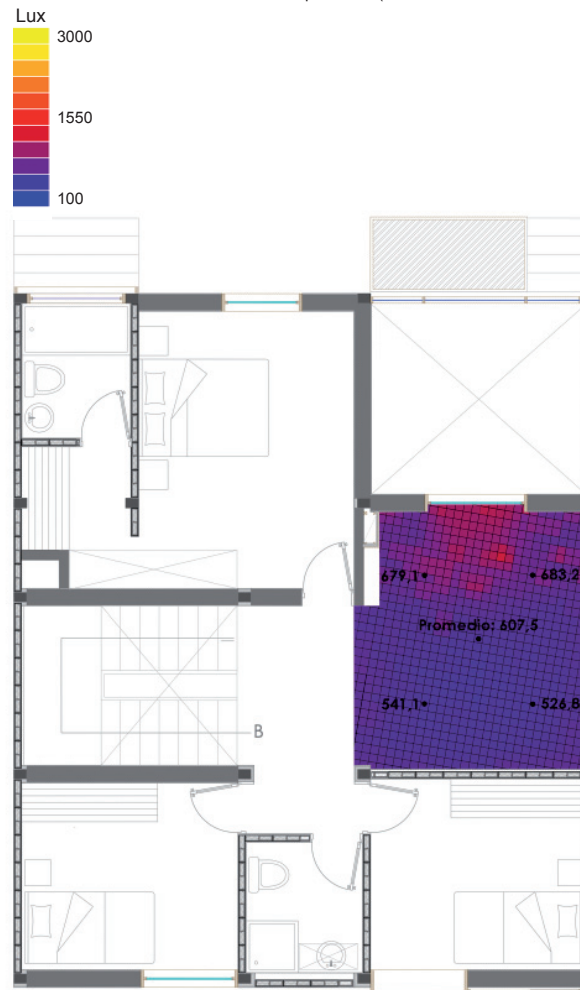
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 112.- Niveles iluminancia sin persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



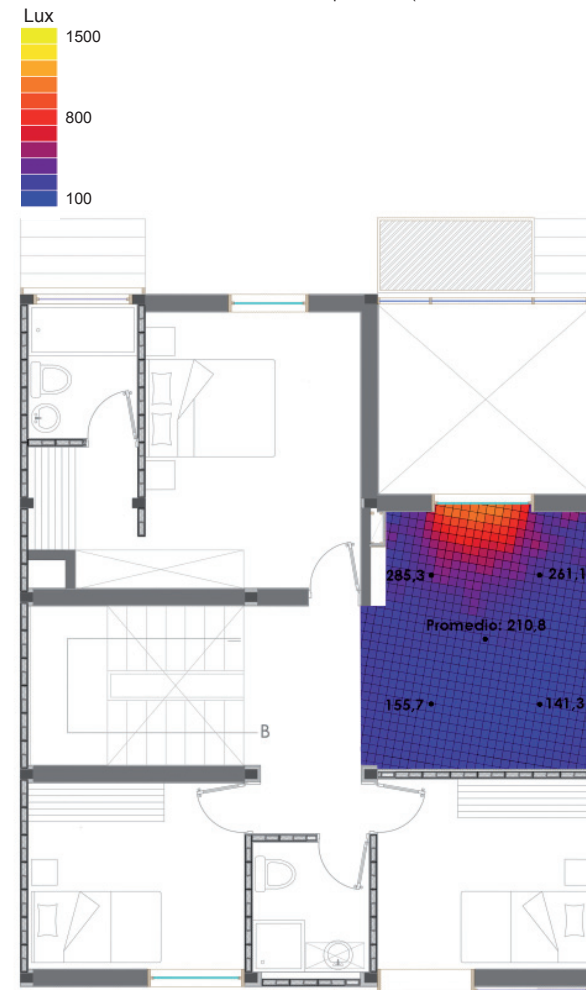
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 113.- Niveles iluminancia con persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 114.- Niveles iluminancia sin persianas (cielo cubierto 5000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

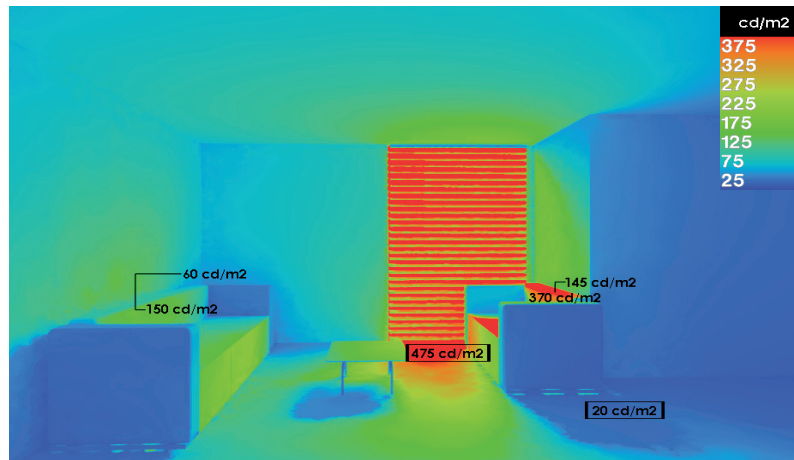
325

Gráfico N° 115.- Sala: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 116.- Sala: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



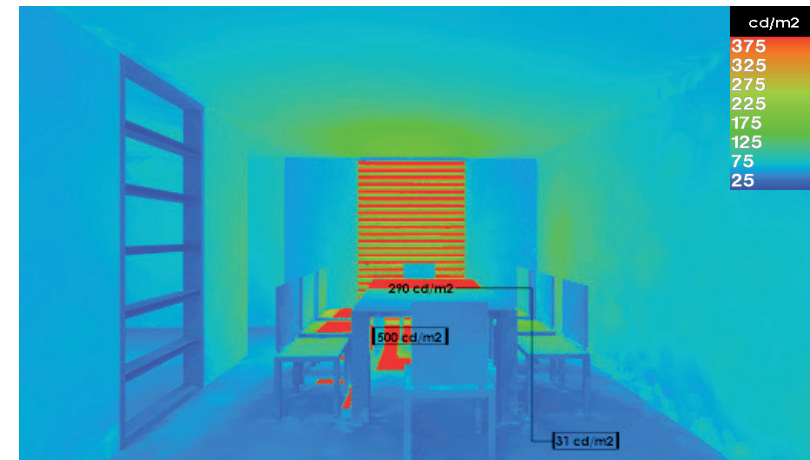
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 117.- Comedor: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 118.- Comedor: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

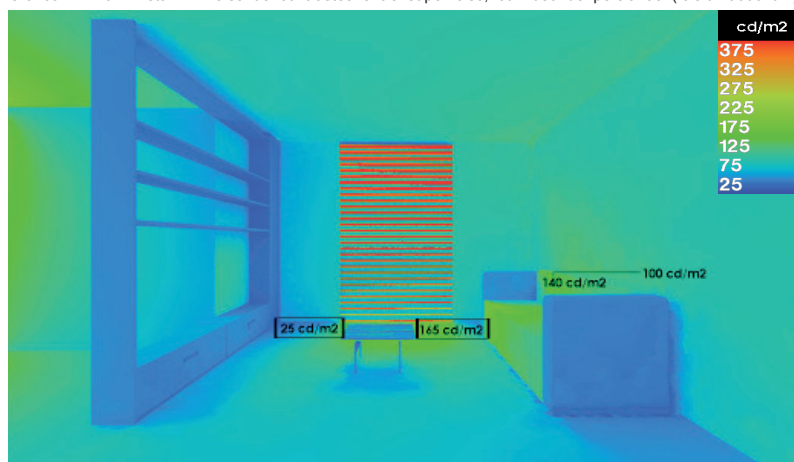
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 119.- Estar: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 120.- Estar: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Como se puede constatar en los Gráficos N° 116, 118 y 120 los contrastes producto de las luminancias presentan una relación adecuada, ya que para el caso de la *sala* entre el área de la tarea (sofás) y el entorno más oscuro es de 150:60 (2,5) y de 370:145 (2,6). El máximo contraste se encuentra en la relación de 475:20 (23,8). En cuanto al *comedor* debido a que el área de la tarea, es decir la mesa, no se encuentra adyacente a una pared, se ha tomado la relación recomendada que debe existir entre la zona de la tarea y las superficies oscuras más lejanas (ver Tabla N°15), teniendo en este caso una relación de 290:31 (9,3), que se encuentra dentro de lo correcto. Así mismo el máximo contraste es de 500:31 (16,1).

Finalmente en el *estar*, entre el área de la tarea (sofás) y el entorno más oscuro se tiene un contraste en la relación 100:60 (1,7) y 160:100 (1,6), mientras que el máximo contraste es de 170:25 (6,8).



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

327

Por último se tiene el análisis lumínico del área de trabajo, constituida por la *cocina*, *lavandería* y *estudio*. Como se puede apreciar en el Gráfico N°121, para un cielo de 19000 lux de iluminancia, en el primero de estos espacios los niveles de iluminación mínimo y máximo son de 300 y 3500 lux, en la lavandería los valores varían entre 500 y 3000 lux y finalmente en el estudio oscilan entre 400 y 3500 lux. Es importante mencionar que los niveles más altos se registran únicamente en el entorno inmediato a la ventana.

De igual manera en base a la iluminancia registrada en cuatro puntos de cada espacio, se ha obtenido un promedio que para el caso de la *cocina* es de 782,1 lux. Además en el área de *trabajo* se cuenta con un nivel de iluminación promedio de 875 lux y 570 lux. El promedio de iluminancia en la *lavandería* es de 875 lux y en el área de trabajo es de 675 lux. Finalmente en el *estudio* se tiene un promedio de 860,2 lux, mientras que en el área de trabajo es de 690 lux.

Como se puede comprobar en la Tabla N°13, los promedios superan la máxima recomendada tanto para el espacio como la zona de la tarea, sin embargo como se

puede ver en el Gráfico N°122, estos se reducen al implementar las persianas interiores en la *cocina* y *estudio* y lamas fijas en el caso de la *lavandería*. De esta manera en la *cocina* la iluminancia máxima alcanza 1500 lux aproximadamente y se tiene un promedio general de 623,6 lux, en tanto que en el área de trabajo (mesones) el promedio es de 640 lux y 506 lux. En la *lavandería* se registra un valor máximo de 2500 lux, un promedio general de 824,5 lux y de 560 lux en la zona de trabajo, en tanto que en el *estudio* se tiene alrededor de 1500 lux en la zona más iluminada, un promedio general de 671,1 lux y de 550 lux en el área de la tarea.

Es importante mencionar que al disminuir el ángulo de inclinación de las persianas se lograría reducir aún más los niveles de iluminación.

Por otra parte, en el Gráfico N°123, se puede observar que en el caso más desfavorable, es decir con un cielo completamente nublado, se registra un promedio de 252,8 lux en la *cocina*, 300,3 lux en la *lavandería*, 220 lux en el *estudio* en general. Dichos valores cumplen con el nivel mínimo de iluminación requerido en cada espacio.

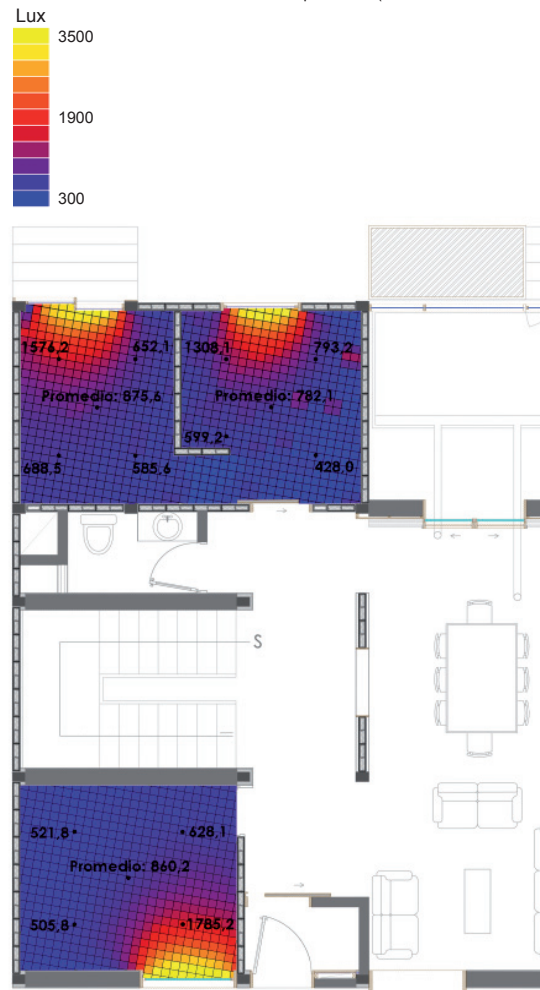
Con respecto a las luminancias, en la *cocina* se tiene un promedio que oscila entre 73 y 112 cd/m<sup>2</sup>. En el cielo raso y piso se cuenta con 113 y 267 cd/m<sup>2</sup>, respectivamente. Finalmente en los planos de trabajo se tiene una luminancia promedio de 104 y 174 cd/m<sup>2</sup> en cada uno de los mesones (ver Gráficos N°124 y 125). En relación a los contrastes, entre el plano de trabajo y el entorno más oscuro se tiene una relación de 104:54 (1,9) y 174:63 (2,7), en tanto que el máximo contraste es de 320:35 (9,1). (Ver Gráfico N°125). Es así que todos estos niveles de luminancias y relaciones de contraste se encuentran dentro de los márgenes considerados como adecuados para cada superficie.

Lo mismo se puede decir en el caso de la *lavandería*, ya que como se puede apreciar en los Gráficos N°126 y 127, las paredes cuentan con luminancias promedio que varían entre 73 y 103 cd/m<sup>2</sup>. La pared que tiene 103 cd/m<sup>2</sup> de luminancia se ha planteado con una reflectancia de 0,4 con el fin de controlar el flujo de luz reflejado, debido a que la iluminancia incide directamente sobre esta superficie. En cuanto al piso y cielo raso, se tienen promedios de 100 y 182 cd/m<sup>2</sup>, respectivamente. De igual manera se

# III CAPÍTULO

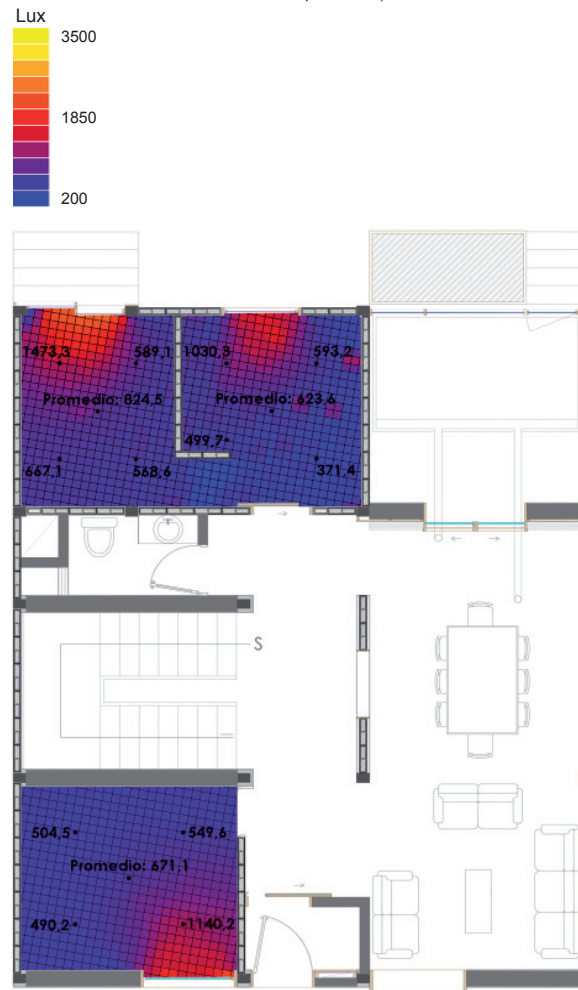
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 121: Niveles iluminancia sin persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



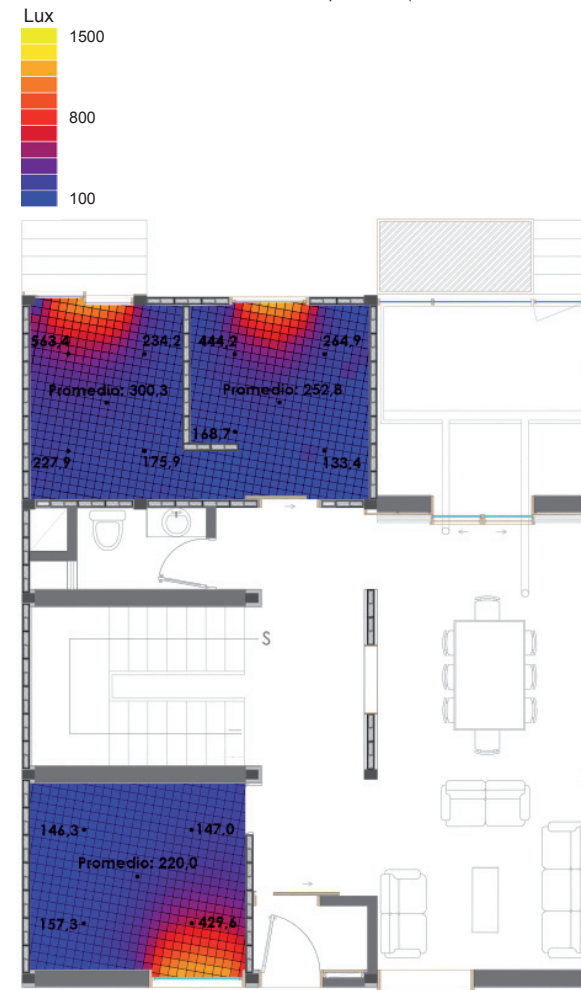
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 122: Niveles iluminancia con persianas (cielo semicubierto 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 123: Niveles iluminancia sin persianas (cielo cubierto 5000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

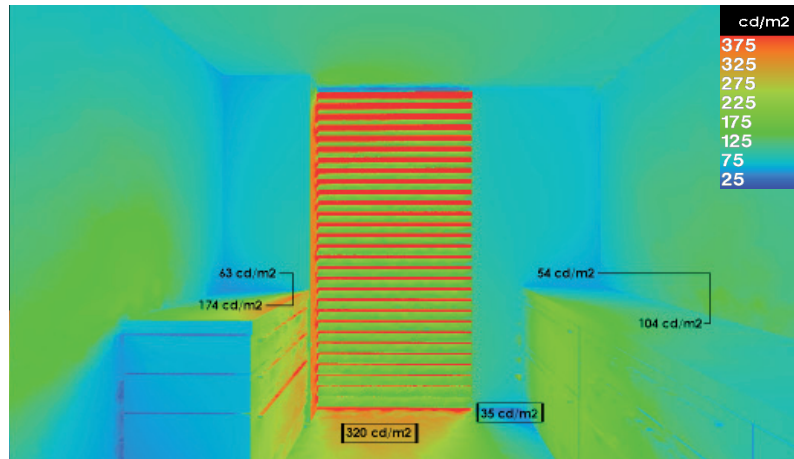
329

Gráfico N° 124.- Cocina: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 125.- Cocina: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



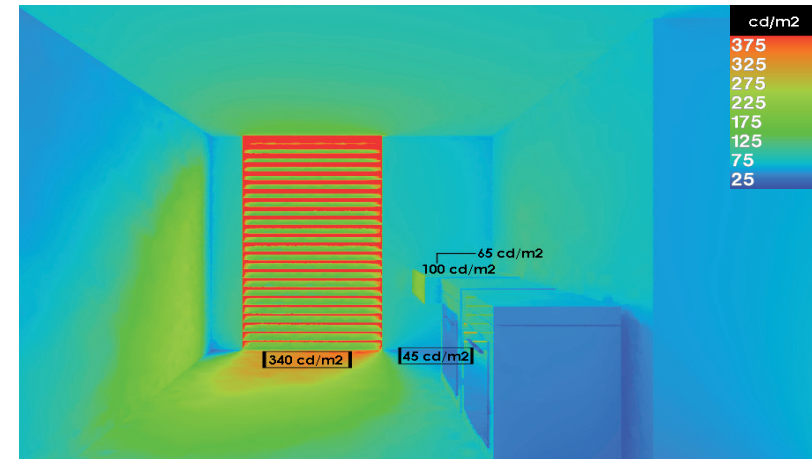
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 126.- Lavandería: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 127.- Lavandería: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

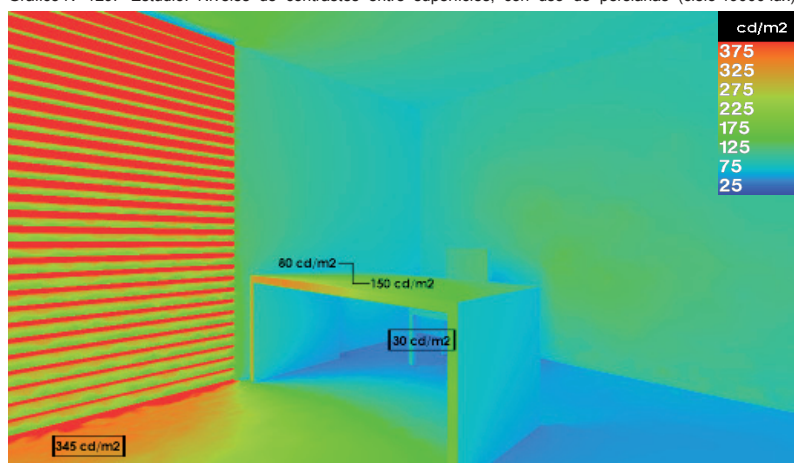
## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 128.- Estudio: Niveles de luminancia por superficies con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 129: Estudio: Niveles de contrastes entre superficies, con uso de persianas (cielo 19000 lux).



Elaboración: Grupo de Tesis

tiene un contraste de 100:65 (1,5), entre el área de la tarea y el entorno más oscuro, mientras que el máximo contraste se encuentra en la relación 340:45 (7,5). (Ver Gráfico N°127)

Finalmente con respecto a las luminancias registradas en el *estudio*, para el caso de las paredes éstas tienen un promedio entre 92 y 106 cd/m<sup>2</sup>, en el cielo raso es 108 cdm<sup>2</sup> y en el piso de 130 cd/m<sup>2</sup>. Además en el plano de trabajo (escritorio) se cuenta con una luminancia promedio de 150 cd/m<sup>2</sup> (ver Gráficos N°128 y 129). Todos estos niveles se ubican dentro del rango recomendado, al igual que los contrastes, ya que como se puede constatar en el Gráfico N° 129, entre el área de la tarea y el entorno más oscuro se presenta una relación de 150:80 (1,8) y el máximo contraste es de 345:30 (11,5).

Después de este análisis se puede concluir que en todos los ambientes se cumple con los niveles mínimos de iluminación requeridos incluso en el caso más desfavorable que es con un cielo totalmente cubierto. Con respecto a los valores máximos recomendados, se puede establecer que mediante la implementación de persianas se ha logrado contro-



lar la incidencia de la iluminación natural, pudiendo ser más significativo a medida que se reduce el ángulo de inclinación de las persianas, ya que para el análisis se ha planteado los ángulos que son más favorables al ingreso de la radiación solar directa. El color de dichas persianas se ha propuesto de color marrón oscuro, siendo estas de madera, con el objetivo de que tengan una menor reflectancia y permitan así una mayor reducción de la iluminancia en los espacios interiores.

De igual manera en relación a los valores de luminancia, se puede concluir que existe una adecuada distribución de éstas dentro del campo de visión, ya que los niveles se encuentran en todos los casos dentro de los márgenes recomendados para cada superficie.

Así mismo con respecto a los contrastes, producto de las luminancias se producen relaciones que permiten un equilibrio adecuado entre la tarea y el espacio circundante y en general entre las diferentes superficies que componen cada ambiente.

### 3.2.5.2.- Diseño Acústico

En la actualidad, la sociedad en la que vivimos está rodeada de diferentes estímulos acústicos, dentro de los cuales están los avisos (sirenas, timbres, bocinas, etc), información (conversaciones), ocio (música, televisión, etc) y otros más que se amortiguan a medida que se aleja del foco sonoro y cuando es absorbido por las paredes y objetos que se encuentran a su alrededor.

En el caso de la vivienda propuesta, al estar ubicada a 100 m de una vía Expresa (Autopista Cuenca-Azogues) y a 200 m de una vía principal (Av. 24 de Mayo), la zona presenta una presión sonora de 65 dB, valor que supera la norma Nacional para zonas residenciales (55dB en el día y 45dB en la noche), de manera que para alcanzar el confort acústico en los diferentes ambientes de la vivienda se requiere disminuir entre 19 y 41 dB (datos que se explicaran mas adelante), para ello con respecto a las paredes existen dos formas; la primera está basado en la masa, es decir, a mayor masa mejor aislante acústico. Y la segunda es mediante paredes con menores espesores que la anterior pero

entre las cuales se introduzca materiales que actúen como aislantes acústicos. De esta manera, se ha procedido a la utilización de las dos alternativas, con respecto a la primera considerando que se ha colocado ladrillo macizo con fines térmicos, estos también ayudaran en la parte acústica debido a su masa pues una pared de este material con un espesor de 25 cm puede reducir hasta 48 dB, siendo suficiente para el máximo requerido. Generalmente este tipo de cerramientos se encuentran en las zonas de descanso y zona social en las paredes que dan hacia las fachadas expuestas (eje x). Con respecto a las paredes laterales de la vivienda y la zona de servicio, al estar conformadas por un hormigón poroso, absorbe parte del sonido disminuyendo la presión sonora hasta la habitación contigua (eje y), de igual manera el aislamiento que contiene se debe a lo térmico, sin embargo ayuda de cierta manera en lo acústico.

Por otra parte “el punto débil de una fachada son los elementos acristalados, tanto por su menor masa relativa como por la presencia en ellos de aberturas, con mayor infiltración de aire. Los parámetros principales que controlan las prestaciones acústicas de una fachada





### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

acristalada son el espesor del vidrio empleado (monolítico, doble acristalamiento, la presencia de películas aislantes en el vidrio), el espesor y el tamaño de los vidrios.<sup>22</sup> Es así que se ha realizado un estudio en cada una de las zonas para determinar las características que debe presentar el vidrio a utilizar. Para ello, primero se ha establecido el sonido ideal al cual se quiere llegar en cada una de las estancias y el sonido exterior, con lo cual se obtiene el índice de amortiguación (cantidad de energía que se debe amortiguar como mínimo), mediante la siguiente fórmula aplicable para estancias con una altura de 2.5 m:

$R = D + 6$  en donde,

$R$  = índice de amortiguación

$D$  = valor de aislamiento acústico requerido, el mismo que se obtiene restando el valor promedio de presión sonora de la zona de emplazamiento y el valor requerido al interior de la edificación.

- Dormitorios: 30 dB

$$D = 65 - 30 = 35 \quad R = 35 + 6 = 41 \text{ dB}$$

- Zonas de servicio: 50 dB

$$D = 65 - 50 = 15 \quad R = 15 + 6 = 21 \text{ dB}$$

- Estudio con computador: 52 dB

$$D = 65 - 52 = 13 \quad R = 13 + 6 = 19 \text{ dB}$$

- Sala – comedor: 38 dB

$$D = 65 - 38 = 27 \quad R = 27 + 6 = 33 \text{ dB}$$

- Otras estancias: 40 dB

$$D = 65 - 40 = 25 \quad R = 25 + 6 = 31 \text{ dB}$$

Para la elección del tipo de vidrio a utilizar en cada uno de los espacios se ha considerado los valores que constan en la Tabla N°16.

Después de estos análisis, como se puede apreciar en el Gráfico N°130 para los ambientes correspondientes a la zona de servicio que requiere una amortiguación de 21 dB se utilizará el vidrio con menor rango de aislación siendo este el vidrio común, pues como además son espacios que se encuentran con paredes aislantes, no afectará en cuanto a lo térmico a las habitaciones contiguas, y cumplirá con lo requerido en cuanto a lo acústico.

Con respecto a los *dormitorios*, se requiere un amortiguamiento de 41 dB, para lo cual se utilizará el doble vidrio hermético, el mismo que ha sido considerado para mejorar la temperatura interna, cumpliendo con las dos condiciones

Tabla N° 16.- Rango de aislación de los acristalamientos, según tipo de vidrio

TIPO DE VIDRIO	RANGO DE AISLACIÓN
Vidrio Común	27 dB a 37 dB
Doble Vidrio Hermético	30 dB a 44 dB
Vidrio Laminado	33 dB a 41 dB
DVH Laminado Simple	37 dB a 49 dB
DVH Laminado Doble	37 dB a 49 dB

Fuente: Informe Técnico del Vidrio, pág 8.

simultáneamente (ver Gráfico N°131). De igual manera se empleará este tipo de vidrio para el *estudio* por cuestiones térmicas más que por los requerimientos acústicos, pues si solo se requiriera de este último con un vidrio común sería suficiente. (ver Gráfico N°131).

Los ambientes de *sala y comedor* al igual que en los dormitorios por sus requerimientos tanto térmicos como acústicos se plantea el uso de doble vidrio hermético (ver Gráfico N°130). Finalmente con respecto al *invernadero* de uso eventual, al requerir una amortiguación acústica de 31 dB y al ser una zona que está compuesta de un porcentaje considerable de

<sup>22</sup> La Envolvente Fotovoltaica en la Arquitectura, Nuria Martín Chivelet - Ignacio Fernández Solla, pág. 81





“la absorción acústica de la capa de tierra para un espesor de 12 cm asciende aproximadamente a 40 dB y para un espesor de 20 cm aproximadamente a 46 dB.”<sup>24</sup>

### 3.2.5.3.- Reciclaje de Agua Lluvia

La ciudad de Cuenca presenta lluvias constantemente sobretodo en dos periodos del año que son entre Marzo - Abril y Octubre - Noviembre, con un periodo seco en Junio, Julio y Agosto. Sin embargo anualmente bordea los 900 mm/m<sup>2</sup>, siendo una cantidad bastante alta por lo que su utilización puede aprovecharse en algunos usos domésticos que no requieren de agua potable, tales como lavado de pisos, ropa, vehículos, sanitarios, etc.

De esta manera en la vivienda se ha planteado la recolección del agua lluvia de la cubierta, siendo el más adecuado pues presenta menos contaminación que si se lo hiciera en las zonas bajas. Para obtener la cantidad de agua lluvia que se recogerá en la vivienda, se requiere conocer el área de la cubierta y el promedio de metros cúbicos de lluvia por cada metro cuadrado, en cada mes. Es así que después de obtener los datos promedios mensuales de los últi-

mos 33 años se los ha transformado de mm/m<sup>2</sup> a m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Igualmente se ha considerado que al contar con una cubierta vegetal, dependiendo de la intensidad de las precipitaciones y características del sustrato ésta puede reducir la tasa de flujo máximo de agua lluvia. “Las cubiertas verdes se estiman para absorber, filtrar, retener y almacenar un promedio de alrededor de 70 por ciento de la precipitación anual que cae sobre ellas.”<sup>25</sup> Por lo tanto en base a un estudio realizado por la organización “The German Landscape Research, Development and Construction Society” (Sociedad alemana de investigación del paisaje, desarrollo y construcción) conocida como FLL, se ha podido conocer que para un promedio anual de precipitaciones de 650 a 800 mm/m<sup>2</sup>, para una cubierta vegetal con un espesor de 10-15 cm y una vegetación de césped, el porcentaje de retención de agua lluvia es del 55% y el coeficiente de escorrentía (cantidad de lluvia que circula) es de 0,45 (ver Tabla N°17).

De esta manera para el caso de Cuenca se ha podido estimar que teniendo un promedio anual de precipitaciones de 942 mm/m<sup>2</sup>, el coeficiente de escorrentía es de 0,5 aproximadamente, por lo que la

Tabla N° 17.- Retención Promedio Anual de Agua y Coeficiente de Escorrentía para una cubierta vegetal según tipo de vegetación y espesor de la misma (Promedio Anual de Precipitaciones; 600 - 800 mm/m<sup>2</sup>).

TIPO DE CUBIERTA VERDE	ESPESOR (cm)	TIPO DE VEGETACIÓN	RETENCIÓN PROMEDIO ANUAL DE AGUA %	COEF. DE ESCORRENTÍA ANUAL/ FACTOR DE PERMEABILIDAD
Vegetación Extensiva	2 a 4	Musgo	40	0,6
	> 4 a 6	Musgo	45	0,55
	> 6 a 10	Musgo, Perenne	50	0,5
	> 10 - 15	Perenne, Césped	55	0,45
	> 15 a 20	Perenne, Césped	60	0,4
Vegetación Intensiva	15 a 25	Césped, Arbustos, Perennes	60	0,4
	> 25 - 50	Césped, Arbustos, Perennes	70	0,3
	> 50	Césped, Arbustos, Perennes, Árboles	>90	0,1

Fuente: Green roofs over Dublin, Erik van Lennep - Sinéad Finn, pág. 73

<sup>24</sup> Techos Verdes, Gernot Minke, pág. 20

<sup>25</sup> Beneficios de los Sistemas de Naturación en las Edificaciones, Ilse García Villalobos, pág. 3

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

335

cubierta vegetal de la vivienda tendrían un porcentaje de retención anual del 50%. Es así que conociendo el área de la cubierta (64 m<sup>2</sup>), se obtiene que la cantidad acumulada en cada mes será la que se muestra en la Tabla N° 18. Como siguiente paso es necesario establecer la demanda de agua en la vivienda para 4 personas, de esta manera se ha tomado como referencia el dimensionamiento que hace ETAPA para cubrir dicha demanda en las zonas urbanas, siendo esta de 180 lt de agua por habitante diariamente. Según se puede observar en el Gráfico N° 132, aproximadamente un 50% de su demanda diaria podría ser cubierto con el reciclaje de aguas grises o lluvia.

Para el cálculo de la cantidad de agua que podrá ser cubierto con el uso del agua lluvia reciclada se ha considerado que su uso será para las cisternas de los sanitarios, lavado de vehículos y limpieza de pisos, no se ha considerado en la demanda el riego de jardines puesto que por las constantes lluvias, solo será necesario su utilización en épocas de sequía. La cantidad de agua que se necesitará en las cisternas de los sanitarios, si se considera que su uso promedio podría ser de 3 veces al día por usuario, y tomando en

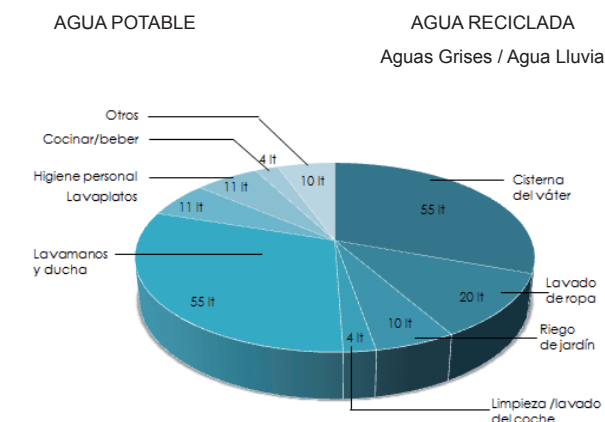
cuenta que los sanitarios presentan unas cisternas de 6 lt para cada uso, el total por persona será de 18 lt diarios, mas 4lt para limpieza y lavado de vehículos, se obtiene un total de 22 lt por persona diarios. Si en la vivienda el número de usuarios son 4 en el mes se requerirá 2640 lt, que transformándolo a metros cúbicos se obtendrá un total de 2,64 m<sup>3</sup>. De esta manera si el requerimiento mensual es de 2,64 m<sup>3</sup>, restando la cantidad de agua lluvia que se obtuvo por mes, el resultante será la cantidad de agua potable que se necesita para cumplir con dicho total. Como se puede ver en el Grá-

Tabla N° 18.- Volumen de agua lluvia recolectada, según meses.

MESES	PROMEDIO MENSUAL (mm/m <sup>2</sup> )	CANTIDAD UTIL		TOTAL DE AGUA LLUVIA (m <sup>3</sup> )
		mm/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Enero	56,48	28,24	0,03	1,81
Febrero	85,06	42,53	0,04	2,72
Marzo	113,83	56,92	0,06	3,64
Abril	122,35	61,17	0,06	3,92
Mayo	84,12	42,06	0,04	2,69
Junio	44,15	22,07	0,02	1,41
Julio	26,87	13,43	0,01	0,86
Agosto	21,41	10,70	0,01	0,68
Septiembre	51,48	25,74	0,03	1,65
Octubre	93,03	46,51	0,05	2,98
Noviembre	85,61	42,80	0,04	2,74
Diciembre	84,78	42,39	0,04	2,1
Promedio Mensual	72,43	36,21	0,04	
Promedio Total Anual	941,58	470,79	0,47	

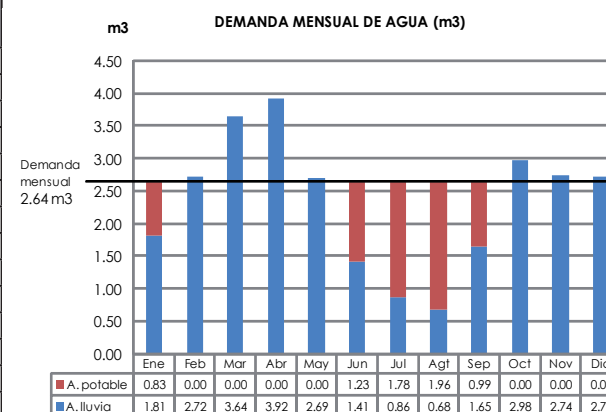
Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 132.- Dimensionamiento de dotación de agua de ETAPA



Fuente: ETAPA

Gráfico N° 133.- Volumen de requerimiento de agua lluvia y potable, según meses.



Elaboración: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

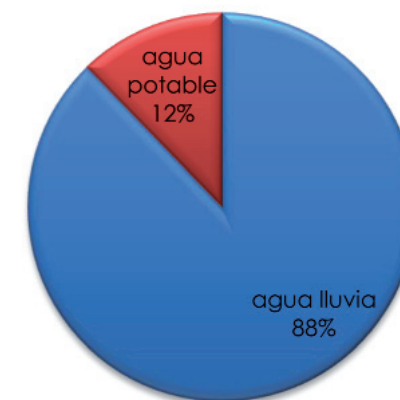
fico N°133 en 7 meses no se requerirá de agua potable, pues con la cantidad de agua lluvia disponible será suficiente para cubrir el total, e incluso en los meses de Marzo y Abril se registrará un exceso de agua, al igual que en los meses de Febrero, Mayo, Octubre, Noviembre y Diciembre pero en menor medida, lo cual será almacenado para ser usado en los meses de menores precipitaciones.

Si se analiza con porcentajes anuales del aporte que se obtendrá con agua lluvia y del requerimiento de agua potable para cubrir con el total requerido para los usos antes mencionados, como se puede ver en el Gráfico N°134, se tiene que 88% será cubierto por agua lluvia y un 12% por agua potable. Para el funcionamiento de dicho sistema, a más de los canales para recoger el agua, se requiere de un tanque de almacenamiento, dicho tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 1200 lts y se encuentra en planta baja hacia el exterior, enterrado de manera que no reciba luz para evitar la aparición de bacterias, pues este tanque almacenará gran cantidad de agua. Además cuenta con un filtro para detener cualquier tipo de basura que pueda haber y de un rebosadero, el mis-

mo que en caso de que el tanque este lleno, permite la eliminación de excedentes. Con el objetivo de que la utilización de una bomba para la distribución del agua se requiera el menor tiempo posible, se ha colocado otro tanque de menor tamaño en la cubierta, éste tendrá una capacidad de almacenamiento calculado para un uso de 6 días aproximadamente (500 lts), el mismo que contará con sensores para mantener un llenado automático.

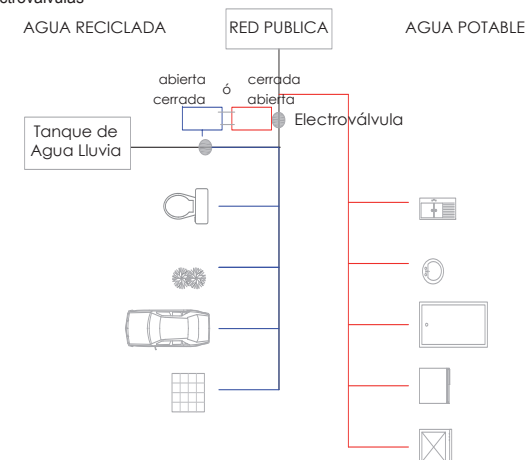
Por otra parte se contará con una red de agua potable y una de agua lluvia, las cuales se conectan con electroválvulas que serán las encargadas de permitir el paso de agua potable en caso de requerirse, o impedirán el paso de ésta si detecta suficiente agua lluvia (ver Gráficos N° 135 y 136). De esta manera se garantizara la disponibilidad de agua todo el tiempo.

Gráfico N° 134.- Aporte anual (%) de agua lluvia y agua potable.



Fuente: ETAPA

Gráfico N° 135.- Control de abastecimiento de agua lluvia o potable mediante electroválvulas



Elaboración: Grupo de Tesis










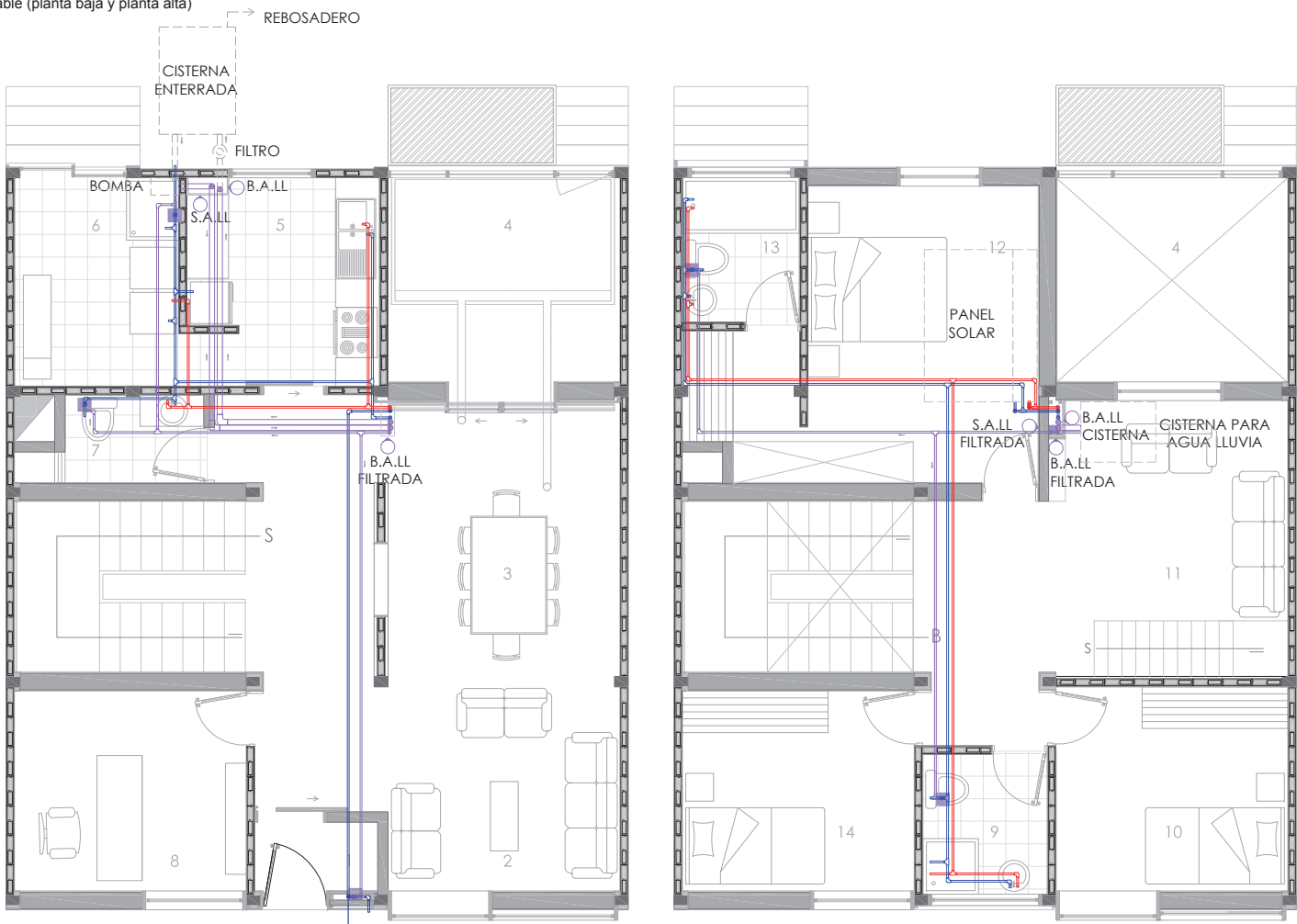
III CAPÍTULO

PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

337

Gráfico N° 136.- Redes de distribución de agua lluvia y potable (planta baja y planta alta)

SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua lluvia
	Tubería de agua potable
	Electroválvula
	Columna ascendente de agua lluvia
	Columna descendente de agua lluvia
	Columna ascendente de agua potable
	Columna descendente de agua potable
Agua Lluvia:	1) Captación de agua lluvia, filtración y almac. inicial.
	2) Almacenamiento en cisterna de la cubierta mediante bomba.
	3) Repartición en usos que no requieren agua potable (gravedad).



Elaboración: Grupo de Tesis

## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

### 3.2.6.- Materiales

La arquitectura bioclimática busca favorecer el empleo de materiales que sean de bajo impacto medioambiental, naturales, lo más estandarizados posible y de origen cercano, es decir existentes en la región, de manera que se pueda minimizar el uso de energía que los materiales de construcción demandan en su fabricación, transporte hasta la obra y montaje, así como también para potenciar la industria local. Es así que para la elección de los materiales que se emplean en la propuesta de vivienda bioclimática, se han seguido estos criterios, además de analizar los requerimientos en relación al comportamiento térmico y acústico.

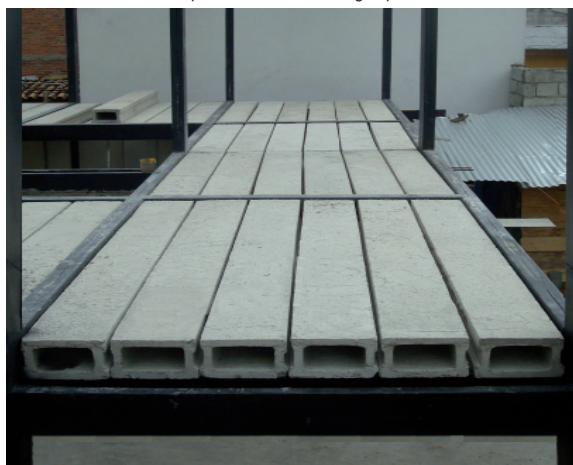
De esta manera, tanto en las paredes que cuentan con aislamiento térmico como en la losa de entrepiso y cubierta se ha optado por la utilización de bloques prefabricados de Hormigón Poroso (ver fotos N° 2,3,4 y 5 ), considerando que éstos son fabricados en la ciudad de Cuenca, además de que son reciclables ya que se pueden obtener nuevos paneles después de la trituración de los anteriores. Para el diseño de la vivienda se ha realizado una modulación de acuerdo al ancho

Foto N° 2.- Prefabricado de hormigón poroso para losas



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 3.- Instalación de prefabricados de hormigón poroso en losas



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 4.- Prefabricado de hormigón poroso para paredes



Fuente: Grupo de Tesis

Foto N° 5.- Instalación de hormigón poroso para paredes



Fuente: Grupo de Tesis

### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

339

de dichos paneles, ya que con respecto al largo, éstos tienen la ventaja de poder fabricarse con las medidas que se requieran, de forma que los desperdicios que puedan existir en obra serían mínimos. También se ha tomado en cuenta que los paneles cuentan con una cámara de aire interna lo cual facilita la colocación de un aislante térmico en su interior, evitándose así la construcción de una doble pared. Es preciso mencionar que los paneles que se utilizan en las losas cuentan con una armadura de hierro, mientras que los de las paredes están constituidos únicamente por el hormigón poroso.

Otro de los materiales empleados es el ladrillo artesanal, ya que este material permite conseguir la masa térmica que se requiere para la acumulación del calor captado. Para ello se plantea la utilización de ladrillos fabricados en la ciudad de Cuenca, específicamente provenientes del sector ladrillero artesanal que se encuentra dentro del proyecto “Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales EELA”, el cual es un proyecto Internacional-Regional que se desarrolla en siete países de América Latina: México, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Brasil, con el propósito de contribuir a

mitigar el Cambio Climático a través de la reducción de las emisiones de gases de Efecto Invernadero al mismo tiempo que busca mejorar la calidad de vida de los ladrilleros. Entre las políticas de este proyecto se encuentran la implementación de hornos que cumplan con normas ambientales y el uso de combustibles más eficientes, lo cual se estima permitirá reducir hasta en un 30% las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero). Este proyecto considera la importancia que tiene el sector ladrillero en América Latina, ya que se estima gruesamente que éstas producen entre el 30 y 50 % de la producción nacional de ladrillos, contribuyendo significativamente al crecimiento del sector de la construcción que en la mayoría de países ha sido uno de los motores del crecimiento económico en los últimos años.

En cuanto al recubrimiento del piso, se ha empleado parquet flotante (ver Gráfico N°137), el mismo que es fabricado en su totalidad en base a madera natural y no requiere ningún encolado ya que su instalación se la realiza mediante un machimbrado. Si bien se ha buscado optar por materiales de origen local, existen algunos productos que no se fabrican

Gráfico N° 137.- Piso flotado de madera natural



Fuente: [www.plyquet.net](http://www.plyquet.net)

en el medio sino que se importan desde el exterior, sin embargo se ha considerado importante el hecho de que la madera es un material renovable, sobre todo si la madera proviene de bosques controlados bajo criterios de explotación sostenibles, ante lo cual este producto cuenta con certificaciones que garantizan que la madera proviene de un bosque que ha sido evaluado y certificado así como también gestionado de acuerdo a los estándares sociales, económicos y medioambientales definidos por el Forest Stewardship Council o Consejo de Manejo



Forestal(FSC). Esta entidad internacional fue creada para promover un manejo ambiental responsable, socialmente beneficioso y económicamente viable en los bosques del mundo, mediante el establecimiento a escala mundial de un conjunto de Principios de Manejo Forestal ampliamente reconocido y respetado.

Además los bosques de donde se extrae la madera para la fabricación de este producto cuentan con la certificación PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification – Programa de reconocimiento de Sistemas de Certificación Forestal), que es una de las asociaciones más importantes del mundo en el ámbito de la sostenibilidad forestal.

Por otra parte en las carpinterías, molduras y lamas se ha empleado madera natural, ya que diversos estudios que se han realizado en el mundo acerca de la valoración del ciclo de vida (valoración que permite comparar el impacto medioambiental de los productos utilizados en la construcción desde su extracción, fabricación, uso y eliminación) de este material han permitido concluir que el comportamiento medioambiental de la madera es superior con respecto a otros

empleados en la construcción. Algunas de las cualidades ecológicas de este material son las siguientes: “necesita un menor gasto energético en su producción, es natural, biodegradable, reciclable, es un excelente aislante y no es tóxica, además de fijar CO2 en su crecimiento”<sup>26</sup>. Además constituye un material renovable, ya que frente a otros materiales o minerales cuya extracción de la naturaleza origina la destrucción de los Ecosistemas y su agotamiento, el aprovechamiento racional de la madera permite el crecimiento de nuevos materiales que ocupen el espacio dejado por los anteriores.

En este caso se plantea la utilización de madera Teka ya que tiene una excelente durabilidad y resistencia a los agentes externos, así mismo se ha considerado que en el Ecuador existen productos de esta especie que cuentan con la certificación FSC, mencionada anteriormente.

.....  
<sup>26</sup> Artículo: La Madera, el Material de Construcción más Ecológico y Menos Contaminante, *Alberto Romero*, pág. 1


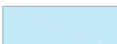





# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

341

Gráfico N° 138.- Plantas arquitectónicas

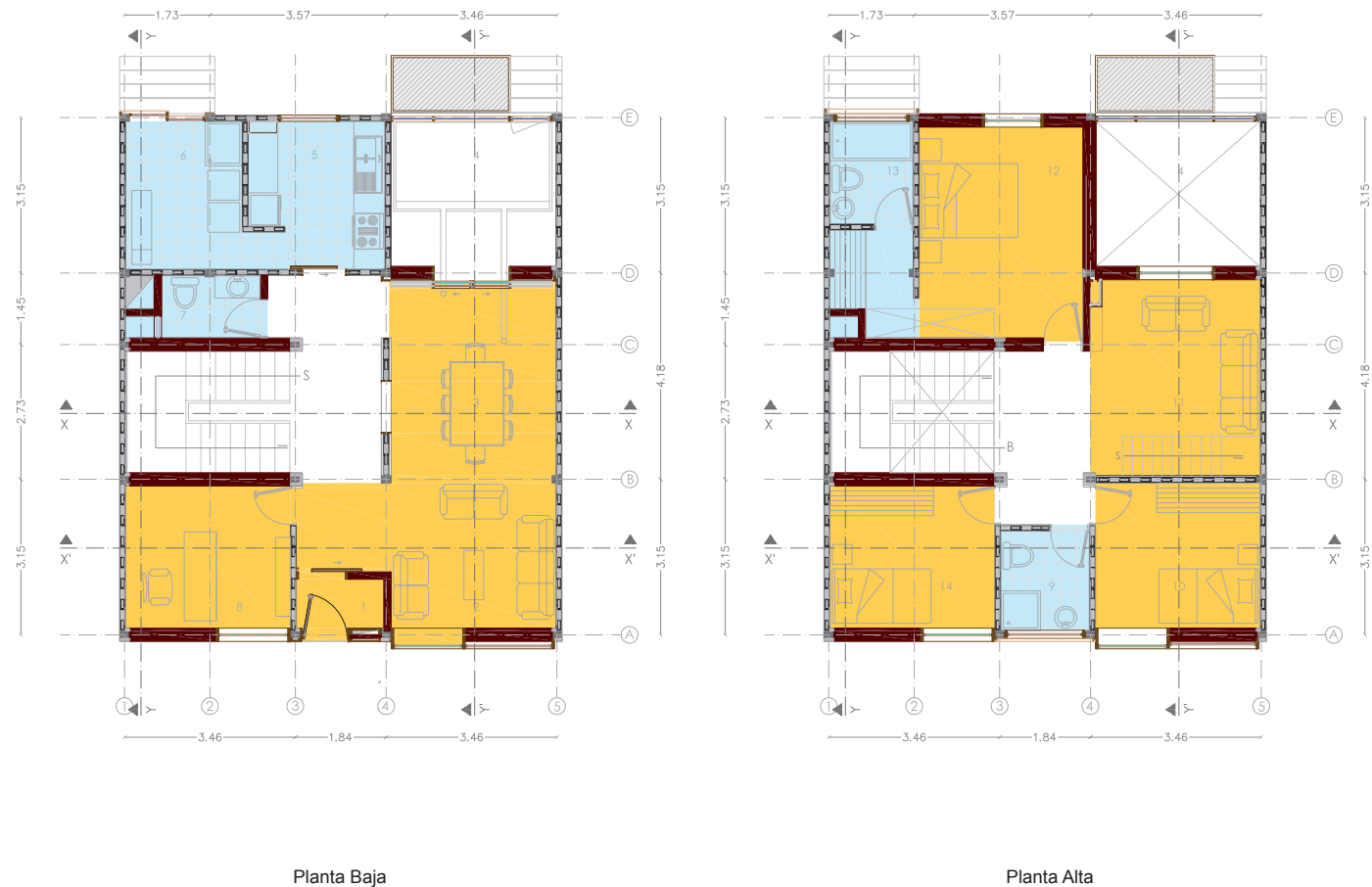
## SIMBOLOGIA

	Zonas Térmicas
	Zonas de Ventilación
	Muro Acumulador
	Paredes Aislantes
	Vidrio Simple
	Vidrio Doble Hermético
	Vidrio Laminado

## AMBIENTES

- 1.- Ingreso
- 2.- Sala
- 3.- Comedor
- 4.- Invernadero
- 5.- Cocina
- 6.- Lavandería
- 7.- Baño Social
- 8.- Estudio
- 9.- Baño
- 10.- Dormitorio 2
- 11.- Estar
- 12.- Dormitorio 1 (Master)
- 13.- Baño 2
- 14.- Dormitorio 3

Elaboración: Grupo de Tesis

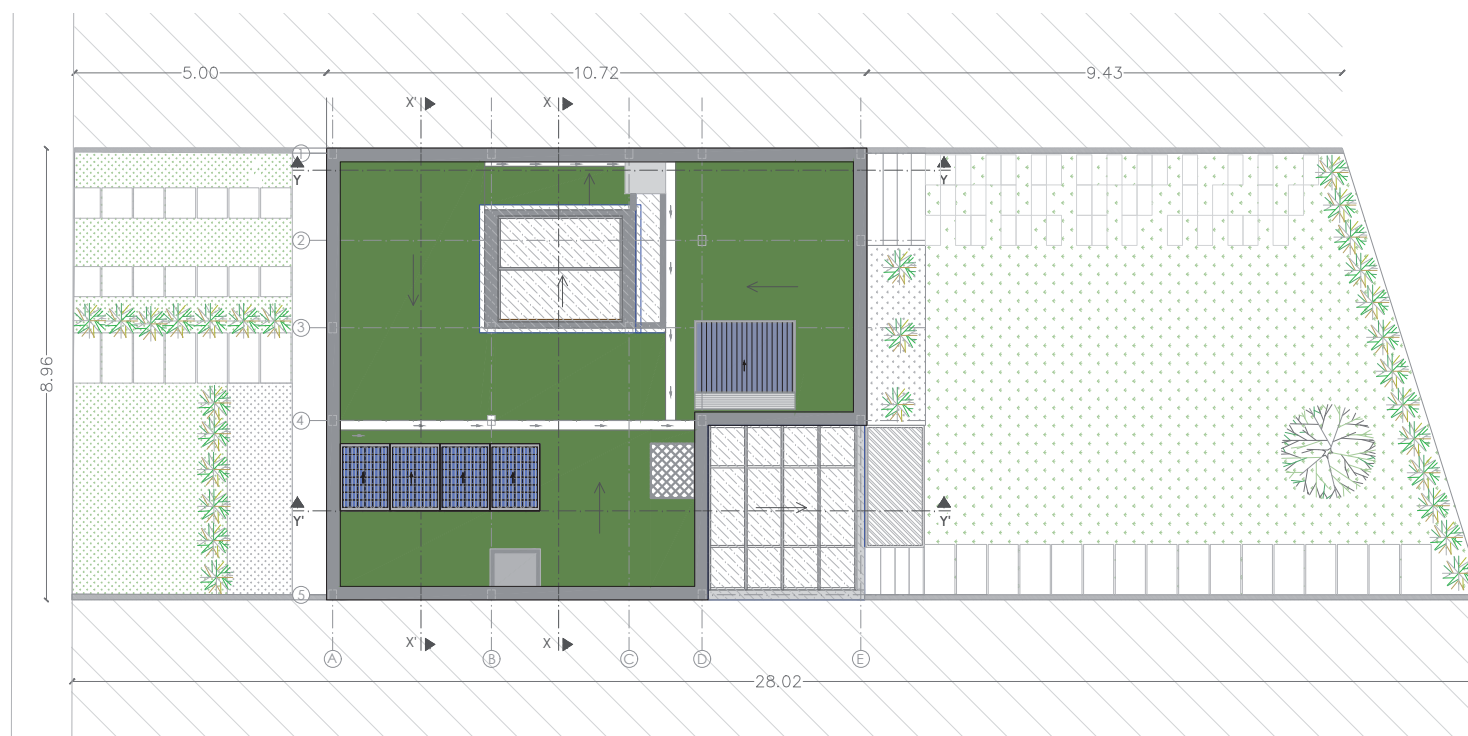




## III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 139.- Planta de cubierta



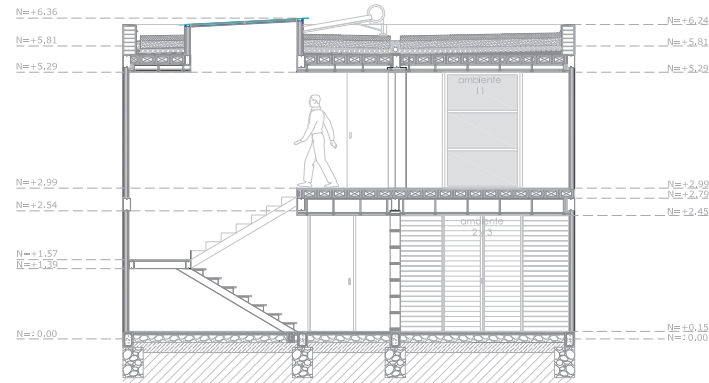
Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

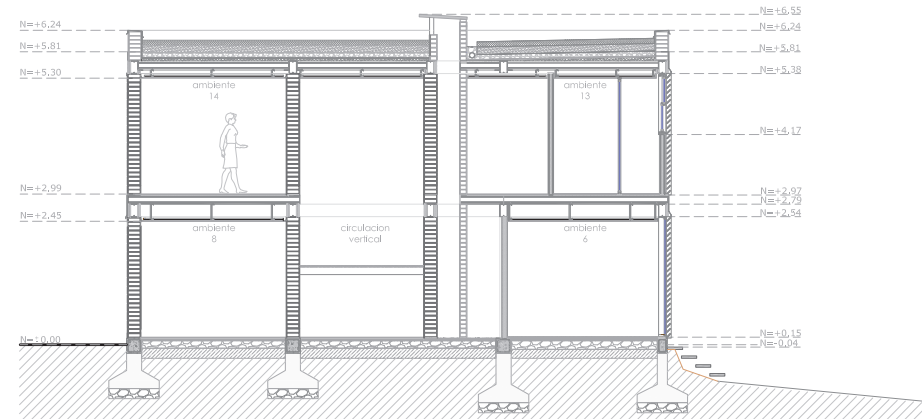
# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

343

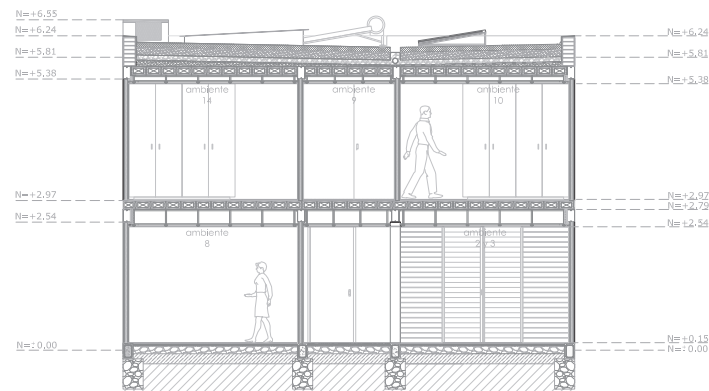
Gráfico N° 140.- Cortes



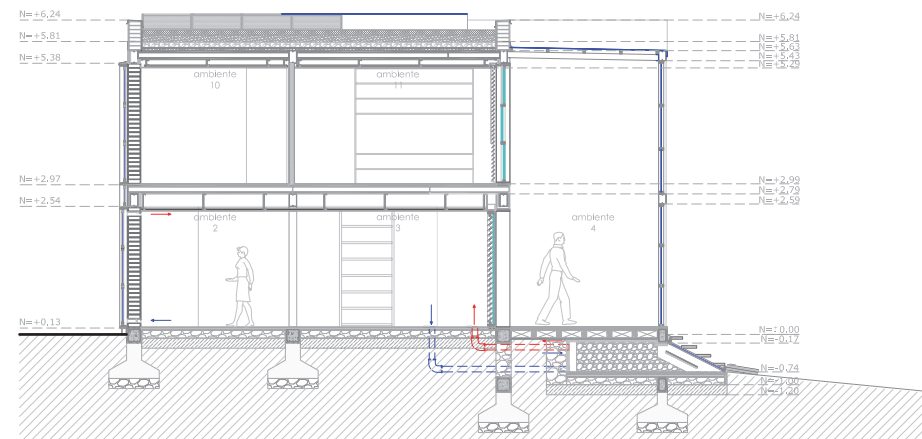
Corte X - X



Corte Y - Y



Corte X' - X'



Corte Y' - Y'

Elaboración: Grupo de Tesis

# III CAPÍTULO

# PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Gráfico N° 141.- Elevaciones



Fachada Oeste



Fachada Este

Elaboración: Grupo de Tesis

Gráfico N° 142.- Perspectivas exteriores



Fachada Oeste



Fachada Este

Elaboración: Grupo de Tesis



### III CAPÍTULO

## PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

345

Gráfico N° 143.- Perspectivas interiores



Sala - Comedor



Estar



Invernadero



Dormitorio 1

Elaboración: Grupo de Tesis

## CONCLUSIONES GENERALES

Considerando el análisis climático de la ciudad de Cuenca se pudo determinar que es más importante la amplitud térmica diaria que la mensual, puesto que en el primer caso se puede estar en condiciones de confort y de un momento al otro invertir esta situación de manera significativa, mientras que en el segundo caso la oscilación de la temperatura es mínima. Por otra parte anualmente se distinguen cuatro períodos, los cuales están determinados principalmente por el nivel de precipitaciones y en menor incidencia por la temperatura y humedad relativa. Esta condición ha dado lugar a que en la Sierra ecuatoriana se considere como invierno al período de mayores lluvias mientras que el período seco más acentuado constituye el verano.

En cuanto a la radiación, se ha podido conocer que no necesariamente el período de menor nubosidad coincide con el de mayor radiación, en tanto que el período de mayores temperaturas si coincide con el de mayor radiación. Con respecto a las precipitaciones se ha determinado que en todos los meses se puede acumular la cantidad necesaria que permita abastecer a los usos domésticos que no requieren de agua potable,

considerando la composición familiar establecida por el INEC en el año 2005. Con la aplicación del diagrama bioclimático de Givoni se ha identificado como estrategia que para mejorar las condiciones de confort al interior de los espacios en la ciudad de Cuenca es necesario la aplicación de mecanismos de calentamiento pasivo especialmente el empleo de materiales de alta inercia térmica

Mediante el análisis de la carta solar de Cuenca se puede concluir que la orientación más favorable es en el sentido Este-Oeste, dotando a los espacios de iluminación natural y radiación directa durante la mañana o la tarde, por lo cual es importante considerar esto en la distribución interior de los espacios. Mientras que en las fachadas Norte-Sur, el soleamiento es menos eficiente pues debido a la trayectoria solar, estos recibirían radiación únicamente los períodos cercanos a cada solsticio.

Considerando el análisis realizado a una muestra de viviendas de la ciudad de Cuenca, se pudo determinar que los mayores problemas encontrados en cuanto a lo térmico se debe a las fugas de calor a través de la envolvente, por el empleo de

materiales de alta conductividad térmica en superficies que no cuentan con un soleamiento adecuado y por la existencia de elementos que dificultan la captación y acumulación de calor. Además se ha identificado que las viviendas no son capaces de retener el calor ganado durante el día, por lo que generalmente en horas de ausencia de sol se encuentran fuera de la zona de confort. Otra de las condiciones que perjudican el confort térmico es la presencia de vegetación próxima a la envolvente, pues esta genera un aumento de humedad a los materiales, lo cual incrementa su conductividad térmica.

En cuanto a la acústica, especialmente las viviendas que se encuentran con frente a las vías de mayor jerarquía presentan problemas de confort en este ámbito, especialmente en las zonas de descanso. Por otra parte en relación a la iluminación no existe un adecuado ingreso de ésta, ya que en algunas edificaciones se han identificado niveles que se encuentran por debajo de la norma, mientras que en otras se alcanzan valores que pueden generar problemas de deslumbramiento.

Ante estas falencias encontradas en los análisis, se ha planteado una pro-



puesta de vivienda bioclimática que se ha concebido con materiales que en su mayoría se producen en la localidad y que cumplen con los requerimientos establecidos para alcanzar el confort térmico y acústico, además se ha tomado en cuenta que estos puedan ser reciclados en un momento dado.

Para un adecuado diseño se ha cumplido con la estructura bioclimática que esta conformada por captación, acumulación, distribución y aislamiento, pudiéndose validar mediante el Software Ecotect, que en cuanto a lo térmico y lumínico se cumple con las condiciones de confort en todos los ambientes de la vivienda.

Tomando en cuenta que en la ciudad de Cuenca, tanto la energía eléctrica como el gas presentan un costo muy bajo frente a otras ciudades del mundo, la utilización de paneles termo solares y fotovoltaicos aislados a la red resultan no viables económicamente, pero en términos medioambientales si, pues se reduce la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo con respecto al calentamiento de agua sanitaria con paneles termo solares, en caso de existir una regulación con el subsidio actual, sería rentable

económicamente la aplicación de dicho sistema. De la misma manera con respecto a la generación de energía eléctrica, se ha planteado la utilización del sistema fotovoltaico conectado a la red, pues su factibilidad se incrementa considerando el respaldo de la Constitución ecuatoriana y los incentivos para quienes generen electricidad mediante las nuevas alternativas energéticas. Sin embargo es importante mencionar que esta última estrategia tendría una mayor significancia en programas habitacionales de gran tamaño, en donde la generación de energía fotovoltaica sea considerable.

# BIBLIOGRAFÍA

## Libros

- Francois Rozis, Jean; Guinebault, Alain, *Calefacción Solar para Regiones Frías*, Perú: Ediciones Intermediate technology Development Group, 1997.
- Mazria, Edward, *El libro de la Energía Solar Pasiva*, México: Ediciones G. Gili, 1983.
- Cifuetes, Susana, *La casa ECONómica*, México: Ediciones Lirio S.A, 2011
- Serra, Rafael, *Arquitectura y Climas*, España: Ediciones G. Gili, 2002.
- Viqueira, Rodríguez, *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*, México: Ediciones Limusa, 2001.
- Serra, Rafael; Coch, Helena, *Arquitectura y Energía Natural*, España: Ediciones G. Gili, 1995.
- Neila, Javier, *Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible*, España: Ediciones Munilla-Leria, 2004.
- Soto, Juan José, *Fundamentos sobre Ahorro de Energía*, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, 1996.
- Plana, M. Ibáñez; Polo, J. R. Rosell; Urrutia, J. I. Rosell, *Colección Energías Renovables: Tecnología Solar*, España: Ediciones Mundi -Prensa, 2004.
- Paya, Manuel, *Aislamiento Térmico y Acústico*, España: Ediciones Ceac, 2004.
- Kane, J. W.; Sternheim M. M, *Física*, España: Editorial Reverté, 2000.
- Serrano, Zoilo, *Construcción de Invernaderos*, España: Ediciones Mundi - Prensa, 1994.
- Laneza, F. Javier, *Ergonomía y Psicosociología Aplicada*, España: Editorial Lex Nova, 2009.
- Yake, Eduardo, *Ventilación Natural de Edificios*, Argentina: Ediciones Nobuko, 2005.

- González Velasco, Jaime, *Energías Renovables*, España: Editorial Reverté, 2009.
  
- Sosa Griffin, María Eugenia, *Ventilación Natural Efectiva y Cuantificable: Confort Térmico en Climas Cálidos-Húmedos*, Venezuela: Ediciones Gráficas León S.R.L, 1999.
  
- Garzón, Beatriz, *Arquitectura Bioclimática*, Argentina: Ediciones Nobuko, 2007.
  
- Martínez de Osés, F. Javier, *Meteorología Aplicada a la Navegación*, España: Ediciones UPC, 2010.
  
- Errázuriz, Ana María; Cereceda, Pilar; González, José Ignacio; González, Mireya; Enríquez, María; Rioseco, Reinaldo, *Manual de Geografía de Chile*, Chile: Editorial Andrés Bello, 1998.
  
- Brenes, Álvaro; Saborío, Víctor, *Elementos de Climatología: Su Aplicación Didáctica a Costa Rica*, Costa Rica: Editorial EUNED, 2010.
  
- Minke, Gernot, *Techos Verdes; Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos*, Uruguay: Editorial Fin de Siglo, 2004.
  
- Chivelet, Nuria Martín; Fernández, Ignacio, *La Envolvente Fotovoltaica en la Arquitectura: Criterios de Diseño y Aplicaciones*, España: Editorial Reverté, 2007.

## **Publicaciones**

- Bustamante Waldo, *Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social*, Chile: Editor Ministerio de Vivienda y Urbanismo. División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (minvu) y Programa País de Eficiencia Energética (cne), 2009.
  
- Grupo de Apoyo al Sector Rural, *Los Muros Trombe*, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.
  
- González, Eduardo Manuel, *Selección de Materiales en la Concepción Arquitectónica Bioclimática*, Venezuela: Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Zulia.

- Álvarez Domínguez, Servando; Grupo de Termotecnia - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla, *Proyecto RECON-SOST: Investigación sobre el Comportamiento Térmico de Soluciones Constructivas Bioclimáticas; Aplicación de Nuevas Tecnologías para la Rehabilitación Sostenible de Edificios*, España: 2006-2008.
- Comité Español de Iluminación, *Guía Técnica para el Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios*, España: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía , 2005.
- Castro, Miguel, *Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador*, Ecuador: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental CEDA, 2011
- García, Víctor, *Análisis y Diagnóstico de la Eficiencia Energética de Edificios Existentes Mediante Sistemas no Destructivos*: España: Universidad Camilo José Cela.
- Fuentes Freixanet, Víctor Armando, *Arquitectura Bioclimática*, México: Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento del Medio Ambiente, 2009.
- Varios autores, *Manual de Iluminación Eficiente*, Argentina: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N, 2002.
- Celis D'Amico , Flavio, *Arquitectura Bioclimática: Conceptos Básicos y Panorama Actual*, 2000.
- Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca C.E.A, *Calidad del Aire en la Ciudad de Cuenca*, Ecuador: 2006.
- Greenpeace-México: Campaña de Energía y Cambio Climático, *Calentadores Solares*, México: 2005.
- Cepeda, Mikel; Mardaras, Iker, *Artículo: Cuantificación Energética de la Construcción de Edificios y el Proceso de Urbanización*, España: Revista ConArquitectura N° 12, 2004.
- IERSE-Universidad del Azuay, *Atlas de la Provincia del Azuay*, Ecuador: 2008-2009.
- Aguirre Douglas, *Energía Solar Térmica*, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, 2009.

- Organización Mundial de la Salud, *Guías para el Ruido Urbano*, Editado por Birgitta Berglund ; Thomas Lindvall ; Dietrich H Schwela, 1999.
- García Villalobos, Ilse, *Beneficios de los Sistemas de Naturación en las Edificaciones*, México: Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura - UNAM, 2010.
- Romero, Alberto, *Artículo: La Madera, el Material de Construcción más Ecológico y menos Contaminante*, España: 2005

### **Internet**

<http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1316&l=1>  
[http://www.conelec.gob.ec/normativa/REGULACION%20004\\_1\\_reforma%2012\\_01\\_12.pdf](http://www.conelec.gob.ec/normativa/REGULACION%20004_1_reforma%2012_01_12.pdf)  
<http://www.uazuay.edu.ec/ierse/>  
<http://www.ceaucuenca.ec/>  
<http://www.inamhi.gov.ec/html/inicio.htm>  
<http://abioclimatica.blogspot.com>  
<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/afcel.html>  
<http://www.peruarki.com/arquitectura-bioclimtica-conceptos-bsicos-y-panorama-actual/>  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar06/HTML/articulo01.htm>  
<http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualventanas.html>  
<http://www.bvsde.paho.org/arquitectura/seminar6/seminar6.htm>  
<http://www.bioconstruccion.biz/>  
<http://www.cronosgea.es/>  
<http://www.miliarium.com/>  
<http://tecno.sostenibilidad.org/>  
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/>  
<http://www.hispanoteca.eu/>  
<http://rbtigmol.wordpress.com/>



**ANEXOS**

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha Nº
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		1

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** Ad1

**Fecha de Registro:** 10 de junio del 2011

**Ficha elaborada por:** Vanessa Guillen M.

**Tipo de vivienda:** Adosada

**Ubicación de la vivienda:** Lorenzo piedra y Pichincha

**Número de pisos:** 3

**Area de construcción:** 247m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
								x	295

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	15,5	2,9	18,6
	Comedor	10,0	3,7	19,7
Espacio de trabajo	Cocina	11,5	1,5	12,6
	Estudio	8,0	2,0	25,5
Espacio de descanso	Dormit. 1	11,3	2,1	18,4
	Dormit. 2	10,5	2,1	19,9

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,9	19,9	19,7	17,9
Comedor	17,9	20,2	19,4	17,7
Cocina	17,5	20,5	19,1	17,7
Estudio	17,9	20,6	19,9	18,7
Dormitorio 1	18,9	20,2	19,7	19
Dormitorio 2	18,8	20,2	19,7	19,3
Exterior	13	22	17,1	15

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envoltente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	80	70
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	85	90
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	75	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	78	-
	estuco/teja	Cubierta		
13:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	63	65
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	89	93
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	73	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	75	-
	estuco/teja	Cubierta		
21:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	77	66
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	90	97
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	80	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	70	-
	estuco/teja	Cubierta		
3:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	87	79
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	100	100
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	84	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	93	-
	estuco/teja	Cubierta		

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	63
	Comedor	63
	Cocina	65
	Estudio	63
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	61,5
	Exterior	63
13:00	Sala	60
	Comedor	58
	Cocina	58
	Estudio	58
	Dormit. 1	58
	Dormit. 2	58
	Exterior	56
21:00	Sala	58,5
	Comedor	58,5
	Cocina	59
	Estudio	58,5
	Dormit. 1	58,5
	Dormit. 2	59
	Exterior	62
3:00	Sala	59
	Comedor	61
	Cocina	61,5
	Estudio	61
	Dormit. 1	61,5
	Dormit. 2	60,5
	Exterior	63

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	17.5	14
		vidrio	14.1	13
		madera	16.4	14.3
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	16	11.6
		vidrio	13.8	12.5
		aluminio	14.2	13.3
13:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	18.6	20.9
		vidrio	20.7	21
		madera	21.1	22.8
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	18	19
		vidrio	19.9	20.9
		aluminio	19.3	22.5
21:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	20.3	17
		vidrio	16.5	15.7
		madera	18.3	16.8
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	17.6	14.3
		vidrio	15.3	14
		aluminio	15	15
3:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	19	16
		vidrio	16.5	15.5
		madera	18.1	15.8
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	17.2	14.1
		vidrio	15.9	15
		aluminio	15.8	15

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	17	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	17.1	-
13:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	19	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	19.3	-
21:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	19.4	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	19	-
3:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	20	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	19.7	-

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	estuco	teja	17	13.3
13:00	estuco	teja	20.3	23.3
21:00	estuco	teja	18.2	9.3
3:00	estuco	teja	17.6	8.8

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	parquet	16
13:00	parquet	17,9
21:00	parquet	16,8
3:00	parquet	16,5

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	565	532	148	195	360
	Comedor	67	64	205	297	158,3
	Cocina	163	490	60	444	289,3
	Estudio	116	18	30	248	103
	Dormit. 1	585	119	90	95	222,3
	Dormit.2	327	270	650	1205	613
	Exteriores	14180	11800	10650	10300	11732,5
15:00	Sala	3000	2200	2050	980	2057,5
	Comedor	55,8	63,7	179	146	111,1
	Cocina	61	93	40	220	103,5
	Estudio	467	1043	160	1050	680
	Dormit. 1	508	5000	513	280	1575,3
	Dormit.2	264	295	340	280	294,8
	Exteriores	20000	20000	20000	20000	20000

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	37,1
	Comedor	41,6
	Cocina	42,7
	Estudio	42
	Dormit. 1	36,9
	Dormit.2	34,6
13:00	Sala	39,2
	Comedor	34
	Cocina	37,3
	Estudio	37,7
	Dormit. 1	38,6
	Dormit.2	36,5

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	40,7
	Comedor	40
	Cocina	38,5
	Estudio	38,9
	Dormit. 1	44,6
	Dormit.2	37,7
21:00	Sala	36
	Comedor	34
	Cocina	36,1
	Estudio	35
	Dormit. 1	33,9
	Dormit.2	39,4

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	32,1
	Comedor	30,6
	Cocina	35,6
	Estudio	34,7
	Dormit. 1	29,5
	Dormit.2	29,6
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	56	
13:00	50	
18:00	56,2	
21:00	45,7	
3:00	48,7	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha N°
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		2

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** A1

**Fecha de Registro:** 11/06/2011

**Ficha elaborada por:** Grupo Tesis

**Tipo de vivienda:** Aislada

**Ubicación de la vivienda:** Vía el Tahual y autopista Medio Ejido.

**Número de pisos:** 2

**Area de construcción:** 272,7m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
								x	299

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	14,8	7,29	49,26
	Comedor	17,86	3,6	20,16
Espacio de trabajo	Cocina	20,9	7,64	36,56
	Estudio	6,12	3,388	55,36
Espacio de descanso	Dormit. 1	13,52	4,32	31,95
	Dormit. 2	12,5	3,78	30,24

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,7	18,3	17,3	17,2
Comedor	16,3	18,5	17,1	16,9
Cocina	16,1	18,7	16,9	17,1
Estudio	16,3	20	17,7	16,8
Dormitorio 1	16,3	19,9	17,7	16,9
Dormitorio 2	16,5	21,2	17,9	17,1
Exterior	15,3	23	15,4	12,9

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo enlucido	Frontal	89,6	102,2
	ladrillo enlucido	Posterior	78,5	112,5
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	93,7	100,6
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	87,3	99,4
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	19,2	38,7
13:00	ladrillo enlucido	Frontal	94,1	105,3
	ladrillo enlucido	Posterior	83	104,5
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	95,7	94,9
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	89,4	96,7
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	25,8	30,9
21:00	ladrillo enlucido	Frontal	90	107,5
	ladrillo enlucido	Posterior	83,4	108,2
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	95,9	105,7
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	93,2	100,1
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	29,2	40,1
3:00	ladrillo enlucido	Frontal	89,2	101,2
	ladrillo enlucido	Posterior	81	106,3
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	95,7	99,7
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	87,3	98,8
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	26,4	47,6

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	62
	Comedor	62
	Cocina	61
	Estudio	61
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61
	Exterior	61
13:00	Sala	61
	Comedor	61
	Cocina	60
	Estudio	61
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	65
	Exterior	58
21:00	Sala	60
	Comedor	60
	Cocina	61
	Estudio	61
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61
	Exterior	60
3:00	Sala	61
	Comedor	61
	Cocina	62
	Estudio	62
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	62
	Exterior	63

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo enlucido	14,8	12,9
		Puerta de madera	15	13,8
		Vidrio	14,6	14,1
	Posterior	ladrillo enlucido	14,2	13,2
		Puerta de hierro	14,6	15
		Vidrio	14,1	13,1
13:00	Frontal	ladrillo enlucido	13,6	23,8
		Puerta de madera	15,7	24
		Vidrio	23,4	24,9
	Posterior	ladrillo enlucido	13,1	20,6
		Puerta de hierro	19,4	25,1
		Vidrio	18,3	22,4
21:00	Frontal	ladrillo enlucido	17,6	15,8
		Puerta de madera	16,5	15,3
		Vidrio	14,6	13,2
	Posterior	ladrillo enlucido	16,8	15,6
		Puerta de hierro	15,4	14,3
		Vidrio	14,9	14,3
3:00	Frontal	ladrillo enlucido	15,8	13,4
		Puerta de madera	15,4	13,8
		Vidrio	13,3	11,9
	Posterior	ladrillo enlucido	15,3	12,9
		Puerta de hierro	12,2	11,8
		Vidrio	12,9	10,4

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	15	12,6
		Vidrio	14,7	12,9
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	14,6	13,3
		Vidrio	15,3	14,6
13:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	14,1	18,9
		Vidrio	22,5	20,7
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	14,8	21,6
		Vidrio	20,7	23,6
21:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	17,1	15,2
		Vidrio	14,1	13,3
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	16,9	14,9
		Vidrio	13,8	13,1
3:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	16,6	12,9
		Vidrio	13,3	12,2
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	15,5	13,7
		Vidrio	12,7	10,9

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	Estuco Yeso	Teja de cerámica	14,3	11,4
13:00	Estuco Yeso	Teja de cerámica	18,2	35,1
21:00	Estuco Yeso	Teja de cerámica	15,7	10,4
3:00	Estuco Yeso	Teja de cerámica	15,2	9,6

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	ladrillo gres/madera	15,7/15,9
13:00	ladrillo gres/madera	14,6/15,2
21:00	ladrillo gres/madera	16,4/16,7
3:00	ladrillo gres/madera	16,5/16,8

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	559	475	292	773	524,75
	Comedor	472	182	138	263	263,75
	Cocina	285	589	362	247	370,75
	Estudio	883	2150	1400	423	1214
	Dormit. 1	277	490	93,2	72,6	233,2
	Dormit.2	649	723	160	196	432
	Exteriores	18950	15000	14600	15350	15975
15:00	Sala	736	897	284	474	597,75
	Comedor	202	108	184	241	183,75
	Cocina	217	177	281	126	200,25
	Estudio	1280	490	410	740	730
	Dormit. 1	173	160,7	75,4	54,3	115,85
	Dormit.2	698	210	113	147	292
	Exteriores	18650	14680	17500	15160	16497,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	30,9
	Comedor	30,9
	Cocina	31,2
	Estudio	31,1
	Dormit. 1	31,2
	Dormit.2	30,5
13:00	Sala	31,4
	Comedor	31,1
	Cocina	33,6
	Estudio	31,6
	Dormit. 1	31,4
	Dormit.2	30,9

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	35,7
	Comedor	35,7
	Cocina	35,2
	Estudio	35
	Dormit. 1	35,3
	Dormit.2	32,6
21:00	Sala	33,3
	Comedor	44,1
	Cocina	32,3
	Estudio	31,6
	Dormit. 1	31,2
	Dormit.2	30,2

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	31,5
	Comedor	31,7
	Cocina	32,6
	Estudio	34,8
	Dormit. 1	30,5
	Dormit.2	31
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	41,7	
13:00	45,1	
18:00	49,4	
21:00	46,3	
3:00	41,4	



"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha N°
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		3

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** Ad2

**Fecha de Registro:** 12/06/2011

**Ficha elaborada por:** Grupo de Tesis

**Tipo de vivienda:** Adosada

**Ubicación de la vivienda:** Av. Pumapungo y Benito Juarez

**Número de pisos:** 1

**Area de construcción:** 142,6m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
					x				187

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	10,5	1,98	18,86
	Comedor	9,8	1,98	9,75
Espacio de trabajo	Cocina	12,6	3,48	16,73
	Estudio	—	—	—
Espacio de descanso	Dormit. 1	13,94	2,09	14,99
	Dormit. 2	9,72	1,65	16,98

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	18,3	20,6	19,1	16,7
Comedor	18,3	20,6	19,1	16,7
Cocina	18,3	20,4	18,8	16,6
Estudio	—	—	—	—
Dormitorio 1	17,7	20,7	19,2	17,3
Dormitorio 2	17,9	20,7	19,3	17,4
Exterior	15,9	19,9	16,1	11,4

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo enlucido	Frontal	75,3	80,6
	ladrillo enlucido	Posterior	67,5	60,5
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	62,2	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	69,5	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	29,5	51,1
13:00	ladrillo enlucido	Frontal	76,3	82,2
	ladrillo enlucido	Posterior	72	53,6
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	67,5	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	73,5	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	24,3	47,2
21:00	ladrillo enlucido	Frontal	80,8	79,1
	ladrillo enlucido	Posterior	74,6	82,8
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	73,2	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	70,3	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	23,1	43,80
3:00	ladrillo enlucido	Frontal	82,1	78,3
	ladrillo enlucido	Posterior	68,9	50,5
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	70,6	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	71,6	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	25,8	48,7

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	63
	Comedor	63
	Cocina	62
	Estudio	—
	Dormit. 1	60
	Dormit. 2	60
	Exterior	59
13:00	Sala	58
	Comedor	58
	Cocina	57
	Estudio	—
	Dormit. 1	57
	Dormit. 2	57
	Exterior	56
21:00	Sala	59
	Comedor	59
	Cocina	58
	Estudio	—
	Dormit. 1	58
	Dormit. 2	58
	Exterior	58
3:00	Sala	61
	Comedor	61
	Cocina	59
	Estudio	—
	Dormit. 1	60
	Dormit. 2	60
	Exterior	60

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo enlucido	17,3	15
		Puerta de madera	17,3	16,6
		Vidrio	15,8	14,9
	Posterior	ladrillo enlucido	17,6	15,8
		Vidrio	17,7	14,3
13:00	Frontal	ladrillo enlucido	18,8	18,3
		Puerta de madera	20,6	19,6
		Vidrio	19,3	20,7
	Posterior	ladrillo enlucido	19,8	21,1
		Vidrio	20,3	21,7
21:00	Frontal	ladrillo enlucido	18,4	16,1
		Puerta de madera	17,1	16,2
		Vidrio	15,4	15,3
	Posterior	ladrillo enlucido	19,7	16,3
		Vidrio	16,6	14,1
3:00	Frontal	ladrillo enlucido	16,4	12,9
		Puerta de madera	15,3	13,1
		Vidrio	12,9	11,6
	Posterior	ladrillo enlucido	16,6	13,8
		Vidrio	13,5	12,6

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	17,2	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	16,8	—
13:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	19,4	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	18,5	—
21:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	19,9	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	18,4	—
3:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	16,5	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	17	—

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	Estuco	Teja de cemento	16,7	12,8
13:00	Estuco	Teja de cemento	20,6	38,6
21:00	Estuco	Teja de cemento	16,8	11,40
3:00	Estuco	Teja de cemento	13,4	8,5

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	baldosa/madera	17/16,8
13:00	baldosa/madera	16,8/17,3
21:00	baldosa/madera	18,8/17,8
3:00	baldosa/madera	15,7/15,9

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	240	164	58,7	54,4	129,275
	Comedor	45,1	31,1	22,2	33,5	32,975
	Cocina	333	370	44,5	62,4	202,475
	Estudio	—	—	—	—	—
	Dormit. 1	158	125	39	43	91,25
	Dormit.2	1930	390	597	220	784,25
15:00	Exteriores	16340	10350	14310	9820	12705
	Sala	271	260	48,6	48,3	156,975
	Comedor	50,5	41,8	31,6	25,1	37,25
	Cocina	160	187	32,5	38,5	104,5
	Estudio	—	—	—	—	—
	Dormit. 1	29,3	24,3	167	45,3	66,475
	Dormit.2	1345	614	529	293	695,25
	Exteriores	19950	18900	15960	13860	17167,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	38,7
	Comedor	43,5
	Cocina	37,9
	Estudio	—
	Dormit. 1	41,4
	Dormit.2	40,7
13:00	Sala	43,8
	Comedor	40,7
	Cocina	51,2
	Estudio	—
	Dormit. 1	45,5
	Dormit.2	35,2

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	40,4
	Comedor	41,4
	Cocina	46,5
	Estudio	—
	Dormit. 1	54,5
	Dormit.2	47,2
21:00	Sala	40,1
	Comedor	41,5
	Cocina	50,7
	Estudio	—
	Dormit. 1	44,7
	Dormit.2	46,6

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	35,3
	Comedor	38,3
	Cocina	37,2
	Estudio	—
	Dormit. 1	34,9
	Dormit.2	36,8
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	74	
13:00	64,3	
18:00	62,2	
21:00	61,6	
3:00	55,5	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha Nº
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		4

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** Ad3

**Fecha de Registro:** 13 de junio del 2011

**Ficha elaborada por:** Vanessa Guillen M.

**Tipo de vivienda:** Adosada

**Ubicación de la vivienda:** Hurtado de Mendoza y Yahuarcocha

**Número de pisos:** 1

**Area de construcción:** 107 m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
				x					141

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	10,4	4,0	38,7
	Comedor	12,5	4,0	17,6
Espacio de trabajo	Cocina	10,3	1,6	15,3
	Estudio	10,9	2,1	19,3
Espacio de descanso	Dormit. 1	10,7	2,2	20,2
	Dormit. 2	16,0	2,3	14,4

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	17,9	20,8	19,9	19,3
Comedor	18,3	20,8	20	18,9
Cocina	18,1	21,1	20,4	18,7
Estudio	19,1	20,8	20,5	18,5
Dormitorio 1	18,4	21	21	20
Dormitorio 2	18	20,4	20,2	18,5
Exterior	13	19,1	15,7	13

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	73	90
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	73	77
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	75	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	84	-
	estuco	Cubierta	22	-
13:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	76	85
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	74,5	75
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	75	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	77,2	-
	estuco	Cubierta	16	-
21:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	73,5	80
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	74,5	80,5
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	66,5	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	77	-
	estuco	Cubierta	-	-
3:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	75,5	78
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	77	77
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	80	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	78	-
	estuco	Cubierta	14	-

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	61
	Comedor	59
	Cocina	57
	Estudio	57
	Dormit. 1	56
	Dormit. 2	57
	Exterior	57
13:00	Sala	53,5
	Comedor	53,5
	Cocina	52,5
	Estudio	53,5
	Dormit. 1	53,5
	Dormit. 2	54
	Exterior	53,5
21:00	Sala	53,5
	Comedor	54,5
	Cocina	53,5
	Estudio	56
	Dormit. 1	53,5
	Dormit. 2	53,5
	Exterior	51,5
3:00	Sala	56
	Comedor	54,5
	Cocina	54,5
	Estudio	57
	Dormit. 1	53,5
	Dormit. 2	55
	Exterior	63

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	17	13.5
		vidrio	14.7	13.8
		madera	16.9	13.7
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	20.5	18.9
		vidrio	19.4	17.9
13:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	18.5	17.4
		vidrio	19.5	16
		madera	20.5	20.1
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	21.7	23
		vidrio	22.5	23.2
21:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	18.8	16.3
		vidrio	17.7	15.4
		madera	18.4	16.1
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	21.2	20.6
		vidrio	20.1	19.2
3:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	18.1	14.2
		vidrio	16	14.1
		madera	17.1	13.1
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	19.1	18.3
		vidrio	17.5	16.8

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	20.7	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	19.2	-
13:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	21.4	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	20.3	-
21:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	21.2	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	20.3	-
3:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	18.9	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	19.8	-

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	estuco	eternit	16.8	13.2
13:00	estuco	eternit	21.3	18.4
21:00	estuco	eternit	18.8	11.5
3:00	estuco	eternit	16.3	8.4

Hora	Piso		Dato	
	Material Predominante Interior			
7:00	parquet		18,4	
13:00	parquet		20	
21:00	parquet		19,8	
3:00	parquet		17,8	

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	650	500	10000	1150	3075
	Comedor	250	182	90	130	163
	Cocina	200	260	957	1040	614,25
	Estudio	750	363	73	80	316,5
	Dormit. 1	250	45	250	90	158,75
	Dormit.2	700	480	100	100	345
	Exteriores	9900	10200	16700	5480	10570
15:00	Sala	580	605	1180	1480	961,25
	Comedor	107	270	61	125	140,75
	Cocina	175	178	657	466	369
	Estudio	681	335	110	90	304
	Dormit. 1	150	60	960	600	442,5
	Dormit.2	1580	80	106	835	650,25
	Exteriores	64800	7200	10000	8000	22500

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	32,9
	Comedor	32,9
	Cocina	47,3
	Estudio	31,5
	Dormit. 1	32
	Dormit.2	31,5
13:00	Sala	33,6
	Comedor	35,9
	Cocina	40,8
	Estudio	30,5
	Dormit. 1	31,5
	Dormit.2	31,3

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	32,2
	Comedor	33,8
	Cocina	31,2
	Estudio	34,1
	Dormit. 1	34,1
	Dormit.2	36,6
21:00	Sala	37,6
	Comedor	38
	Cocina	47,5
	Estudio	32,4
	Dormit. 1	31,1
	Dormit.2	33,6

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	29,7
	Comedor	30
	Cocina	30,4
	Estudio	30,6
	Dormit. 1	29,8
	Dormit.2	30,9
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	48,5	
13:00	48,5	
18:00	51,2	
21:00	41,1	
3:00	31,9	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha N°
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		5

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** Ad4

**Fecha de Registro:** 14/06/2011

**Ficha elaborada por:** Grupo de Tesis

**Tipo de vivienda:** Adosada

**Ubicación de la vivienda:** Cornelio Merchán y Santiago Carrasco

**Número de pisos:** 2

**Area de construcción:** 170,3m2

### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
			x						100

### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	13,9	2,3	16,55
	Comedor	11,12	2	17,99
Espacio de trabajo	Cocina	8,35	0,54	6,47
	Estudio	6,8	2,4	35,29
Espacio de descanso	Dormit. 1	11,12	1,7515	15,75
	Dormit. 2	10,19	2,26	22,18

### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,9	18	17,7	16,8
Comedor	16,9	18,1	17,7	16,8
Cocina	16,3	17,8	17,3	16,7
Estudio	16,9	18,8	17,6	17,1
Dormitorio 1	16,3	18,9	17,7	17
Dormitorio 2	16,7	19	17,8	16,9
Exterior	13	17,1	15,5	12,8

### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo enlucido	Frontal	75,5	73,6
	ladrillo enlucido	Posterior	89	75
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	68,7	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	71,8	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	22,3	—
13:00	ladrillo enlucido	Frontal	75	80,4
	ladrillo enlucido	Posterior	83,6	84,1
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	68,1	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	73	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	25,8	—
21:00	ladrillo enlucido	Frontal	73,4	77,7
	ladrillo enlucido	Posterior	88,5	84,3
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	68,7	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	77,5	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	22	—
3:00	ladrillo enlucido	Frontal	77,1	77,9
	ladrillo enlucido	Posterior	82,8	84,2
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	72	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	76,5	—
	Estuco/Teja de cemento	Cubierta	19,4	—

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	62
	Comedor	62
	Cocina	64
	Estudio	63
	Dormit. 1	63
	Dormit. 2	63
	Exterior	59
13:00	Sala	63
	Comedor	63
	Cocina	66
	Estudio	62
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	62
	Exterior	65
21:00	Sala	61
	Comedor	61
	Cocina	62
	Estudio	59
	Dormit. 1	60
	Dormit. 2	60
	Exterior	63
3:00	Sala	64
	Comedor	64
	Cocina	65
	Estudio	61
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	62
	Exterior	65



### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo enlucido	15,9	12,8
		Vidrio	14,1	12,5
	Posterior	ladrillo enlucido	15	13,1
		Puerta de hierro	15,3	14,9
		Vidrio	15,3	15,1
13:00	Frontal	ladrillo enlucido	17,4	17,1
		Vidrio	16,8	14,3
	Posterior	ladrillo enlucido	16,8	17,8
		Puerta de hierro	16,4	16,2
		Vidrio	16,3	16,1
21:00	Frontal	ladrillo enlucido	16,3	13,2
		Vidrio	14,4	13
	Posterior	ladrillo enlucido	15,3	13,3
		Puerta de hierro	14,7	13,1
		Vidrio	14,3	12,9
3:00	Frontal	ladrillo enlucido	16,1	13,4
		Vidrio	14,2	13,1
	Posterior	ladrillo enlucido	15,5	13,8
		Puerta de hierro	14,7	13,3
		Vidrio	14,1	13,4

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	16,1	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	16,2	—
13:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	18,7	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	18,9	—
21:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	17,7	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	18,6	—
3:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	16,1	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	17,2	—

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	Estuco	Teja de cemento	14,1	—
13:00	Estuco	Teja de cemento	18,2	—
21:00	Estuco	Teja de cemento	16,3	—
3:00	Estuco	Teja de cemento	15	—

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	madera	15,1
13:00	madera	17,9
21:00	madera	16,7
3:00	madera	15,9

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	1335	2510	540	958	1335,75
	Comedor	2920	1790	573	862	1536,25
	Cocina	64,6	29,3	21,5	14,1	32,375
	Estudio	1120	1472	786	841	1054,75
	Dormit. 1	910	1220	472	390	748
	Dormit.2	2120	980	693	937	1182,5
15:00	Exteriores	17000	18580	20000	20000	18895
	Sala	711	1205	322	391	657,25
	Comedor	757	872	423	278	582,5
	Cocina	60,1	24	23,2	22,4	32,425
	Estudio	651	1103	335	225	578,5
	Dormit. 1	670	320	190	120	325
	Dormit.2	1149	633	458	323	640,75
	Exteriores	15994	13230	12170	9910	12826

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	53,3
	Comedor	52,1
	Cocina	49,1
	Estudio	46,1
	Dormit. 1	46,5
	Dormit.2	46,4
13:00	Sala	54,6
	Comedor	54,4
	Cocina	52,3
	Estudio	44,5
	Dormit. 1	42
	Dormit.2	43,1

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	49,5
	Comedor	49,2
	Cocina	42,3
	Estudio	48,4
	Dormit. 1	43,9
	Dormit.2	45,1
21:00	Sala	46,8
	Comedor	48,2
	Cocina	42,2
	Estudio	43,7
	Dormit. 1	40,4
	Dormit.2	39,8

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	39,7
	Comedor	37,1
	Cocina	35,6
	Estudio	32,8
	Dormit. 1	32,2
	Dormit.2	30,2
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	61,9	
13:00	64,4	
18:00	66,5	
21:00	65	
3:00	36,9	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha Nº
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		6

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** A2

**Fecha de Registro:** 15 de junio de 2011

**Ficha elaborada por:** Vanessa Guillen M.

**Tipo de vivienda:** aislada

**Ubicación de la vivienda:** Narancay bajo

**Número de pisos:** 2

**Area de construcción:** 180 m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
					x				176

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	19,6	7,9	40,3
	Comedor	11,6	8,0	69,1
Espacio de trabajo	Cocina	13,9	3,8	27,3
	Estudio	8,4	3,9	46,9
Espacio de descanso	Dormit. 1	11,2	5,1	45,1
	Dormit. 2	10,9	4,8	43,9

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	15,7	16,7	15,7	15,5
Comedor	15,7	16,9	15,9	15,4
Cocina	16,3	17,3	16,3	15,9
Estudio	15,7	16,9	16,1	15,7
Dormitorio 1	15,9	17,1	15,6	14,9
Dormitorio 2	15,8	16,9	15,6	15,3
Exterior	12,2	15,6	9,6	10,9

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo hueco enlucido	Frontal	90	80
	ladrillo hueco enlucido	Posterior	83	82
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Derecha	86	85
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Izquierda	89	80
		Cubierta		
13:00	ladrillo hueco enlucido	Frontal	85	87
	ladrillo hueco enlucido	Posterior	91	76
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Derecha	91	86
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Izquierda	78	79
		Cubierta		
21:00	ladrillo hueco enlucido	Frontal	90	85
	ladrillo hueco enlucido	Posterior	85	80
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Derecha	82	80
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Izquierda	88	81
		Cubierta		
3:00	ladrillo hueco enlucido	Frontal	92	82
	ladrillo hueco enlucido	Posterior	91	90
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Derecha	85	88
	ladrillo hueco enlucido	Lateral Izquierda	90	82
		Cubierta		

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	66
	Comedor	63,5
	Cocina	64
	Estudio	66
	Dormit. 1	64
	Dormit. 2	63,5
	Exterior	68
13:00	Sala	65,5
	Comedor	65
	Cocina	65
	Estudio	65
	Dormit. 1	65
	Dormit. 2	64
	Exterior	63
21:00	Sala	64
	Comedor	63,5
	Cocina	64,5
	Estudio	63,5
	Dormit. 1	63,5
	Dormit. 2	63,5
	Exterior	68
3:00	Sala	62,5
	Comedor	62,5
	Cocina	62,5
	Estudio	62,5
	Dormit. 1	65
	Dormit. 2	65
	Exterior	68

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo hueco enlucido	14.3	13.3
		vidrio	12.7	12.3
		madera	14.4	13.1
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	14.3	11
		vidrio	13.1	12
13:00	Frontal	ladrillo hueco enlucido	15.8	14.9
		vidrio	16.6	15.4
		madera	16.8	15.4
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	16.1	14.3
		vidrio	16	15.1
21:00	Frontal	ladrillo hueco enlucido	15	11.9
		vidrio	11.3	11.3
		madera	14	11.3
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	15.4	10.8
		vidrio	11.4	10.6
3:00	Frontal	ladrillo hueco enlucido	13.3	11.5
		vidrio	12.1	12
		madera	13.8	11.4
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	15.1	11
		vidrio	13.1	13.0

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo hueco enlucido	14.6	11.9
		vidrio	13.3	11.4
		lad ext sin pint, int pint.	14.9	12.1
	Lat. Izq.	ladrillo hueco enlucido	15	13.3
		vidrio	13.8	13.1
13:00	Lat. Der.	ladrillo hueco enlucido	15.9	14.4
		vidrio	15.9	15.4
		lad ext sin pint, int pint.	15.8	14.6
	Lat. Izq.	ladrillo hueco enlucido	16.1	14.7
		vidrio	16.6	15.2
21:00	Lat. Der.	ladrillo hueco enlucido	15.9	10.3
		vidrio	12.1	10.6
		lad ext sin pint, int pint.	15.6	11.6
	Lat. Izq.	ladrillo hueco enlucido	15.6	13.1
		vidrio	13.5	12.2
3:00	Lat. Der.	ladrillo hueco enlucido	15.4	11.1
		vidrio	12.1	12
		lad ext sin pint, int pint.	14.9	11.3
	Lat. Izq.	ladrillo hueco enlucido	15.9	12.4
		vidrio	12.8	12.3

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	estuco	teja	13.6	11.9
13:00	estuco	teja	15.4	14.6
21:00	estuco	teja	13.6	11.6
3:00	estuco	teja	13.8	11.5

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	duelas de madera	15,3
13:00	duelas de madera	16,1
21:00	duelas de madera	15,9
3:00	duelas de madera	15,5

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	255	85	36	84	115,0
	Comedor	127,1	140,3	243	199	177,4
	Cocina	100	145	190	820	313,8
	Estudio	1150	1244	337	480	802,8
	Dormit. 1	268	560	335	630	448,3
	Dormit.2	265	400	210	366	310,3
	Exteriores	8300	5300	3500	830	4482,5
15:00	Sala	81	165	49	28	80,8
	Comedor	64	96	105	81	86,5
	Cocina	559	96	85	517	314,3
	Estudio	310	238	816	594	489,5
	Dormit. 1	262	250	505	270	321,8
	Dormit.2	217	178	360	430	296,3
	Exteriores	5040	820	5300	3720	3720

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	33,4
	Comedor	35,7
	Cocina	39
	Estudio	34,8
	Dormit. 1	32,7
	Dormit.2	33,5
13:00	Sala	33,4
	Comedor	35,4
	Cocina	34,6
	Estudio	34,8
	Dormit. 1	36,8
	Dormit.2	37,2

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	32,7
	Comedor	33,9
	Cocina	32,9
	Estudio	33,6
	Dormit. 1	33,9
	Dormit.2	33,8
21:00	Sala	37,1
	Comedor	44
	Cocina	37,4
	Estudio	35,3
	Dormit. 1	34,2
	Dormit.2	30,9

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	30,3
	Comedor	30,9
	Cocina	30,8
	Estudio	31,1
	Dormit. 1	30,8
	Dormit.2	30,4
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	46,7	
13:00	49,7	
18:00	43,3	
21:00	45,5	
3:00	39,6	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha N°
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		7

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** A3

**Fecha de Registro:** 16/06/2011

**Ficha elaborada por:** Ximena Cordero

**Tipo de vivienda:** Aislada

**Ubicación de la vivienda:** Calle larga y bajada de Los Molinos

**Número de pisos:** 3

**Area de construcción:** 534,7m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
		x							29

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	21,2	3,9	18,40
	Comedor	10,36	7,9	76,25
Espacio de trabajo	Cocina	13,69	2,7	19,72
	Estudio	14,4	4,975	34,55
Espacio de descanso	Dormit. 1	17,64	4,91	27,83
	Dormit. 2	13,23	5,45	41,19

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,8	19	18,4	17
Comedor	16,7	20,2	18,4	17
Cocina	16,8	20	18,5	17,1
Estudio	17,9	19,7	18,3	16,9
Dormitorio 1	16,9	20,2	18,1	16,8
Dormitorio 2	16,7	19,7	17,9	16,7
Exterior	13,9	25,6	13,4	11,5

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo enlucido	Frontal	82	72,2
	ladrillo enlucido	Posterior	72,6	93,5
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	76,1	83,4
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	70,3	80,2
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	19,7	95,3
	Piedra	Frontal	—	69,2
13:00	ladrillo enlucido	Frontal	79,8	75,1
	ladrillo enlucido	Posterior	68,9	85,1
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	74,6	83
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	69,9	79,6
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	21,2	85,3
	Piedra	Frontal	—	64
21:00	ladrillo enlucido	Frontal	84,1	79,6
	ladrillo enlucido	Posterior	72,4	92
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	79,5	95,1
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	75	76,5
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	25,3	77,5
	Piedra	Frontal	—	66,9
3:00	ladrillo enlucido	Frontal	85,5	84
	ladrillo enlucido	Posterior	75,7	86,3
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	79,5	97,7
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	67,7	84
	Estuco/Teja de cerámica	Cubierta	24,9	71,2
	Piedra	Frontal	—	68,1

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	64
	Comedor	63
	Cocina	63
	Estudio	62
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	62
	Exterior	65
13:00	Sala	59
	Comedor	58
	Cocina	58
	Estudio	58
	Dormit. 1	57
	Dormit. 2	57
	Exterior	55
21:00	Sala	61
	Comedor	59
	Cocina	59
	Estudio	60
	Dormit. 1	59
	Dormit. 2	59
	Exterior	63
3:00	Sala	62
	Comedor	63
	Cocina	63
	Estudio	62
	Dormit. 1	63
	Dormit. 2	63
	Exterior	65

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo enlucido	15,4	12,9
		Piedra	—	15,7
		Vidrio	23	15,6
	Posterior	ladrillo enlucido	14,7	12,3
		Vidrio	14	12,1
13:00	Frontal	ladrillo enlucido	17,4	21,2
		Piedra	—	30,6
		Vidrio	23,6	24,3
	Posterior	ladrillo enlucido	16,3	15,1
		Vidrio	21,6	22,3
21:00	Frontal	ladrillo enlucido	17,8	15,1
		Piedra	—	16,8
		Vidrio	14,8	8,1
	Posterior	ladrillo enlucido	16,8	14,4
		Vidrio	14,1	12,3
3:00	Frontal	ladrillo enlucido	16,9	13,3
		Piedra	—	15,1
		Vidrio	12,8	7,8
	Posterior	ladrillo enlucido	15,9	11,9
		Vidrio	12,2	5,6

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	15,3	11
		Vidrio	15	13,4
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	15,4	11,7
		Vidrio	27,3	12,9
13:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	16,8	19,8
		Vidrio	23,9	25,9
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	17,4	16,1
		Vidrio	21,9	19,2
21:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	17,9	16,1
		Vidrio	14,6	15,3
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	16,6	15,8
		Vidrio	13,9	13,1
3:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	16,7	13,1
		Vidrio	14,3	12,8
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	16,5	12,4
		Vidrio	12,7	12,1

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	Estuco	Teja de cerámica	13	11,1
13:00	Estuco	Teja de cerámica	19,6	35,6
21:00	Estuco	Teja de cerámica	17	5,8
3:00	Estuco	Teja de cerámica	15,2	5,5

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	madera	14,8
13:00	madera	17,4
21:00	madera	17,1
3:00	madera	16

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	780	640	207,8	209	459,2
	Comedor	1270	1360	730	650	1002,5
	Cocina	910	830	320	310	592,5
	Estudio	2030	1590	420	300	1085
	Dormit. 1	2780	2070	650	403	1475,75
	Dormit.2	931	772	449	171	580,75
	Exteriores	18720	19330	20000	20000	19512,5
15:00	Sala	810	600	292	230	483
	Comedor	3980	2170	1310	1210	2167,5
	Cocina	4100	4150	660	520	2357,5
	Estudio	1490	1270	510	370	910
	Dormit. 1	1350	1130	530	389	849,75
	Dormit.2	1111	407	363	172	513,25
	Exteriores	20000	19610	16350	16450	18102,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	52
	Comedor	52,6
	Cocina	53,3
	Estudio	54,1
	Dormit. 1	48,7
	Dormit.2	46,2
13:00	Sala	55,4
	Comedor	58,8
	Cocina	56,4
	Estudio	58,9
	Dormit. 1	65,2
	Dormit.2	56,9

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	49,7
	Comedor	51,7
	Cocina	55,3
	Estudio	63,2
	Dormit. 1	46,4
	Dormit.2	43,8
21:00	Sala	50,2
	Comedor	55,8
	Cocina	53,5
	Estudio	50,9
	Dormit. 1	48,4
	Dormit.2	47,6

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	40,3
	Comedor	38,4
	Cocina	36,1
	Estudio	40,5
	Dormit. 1	36,1
	Dormit.2	37
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	75,7	
13:00	83,6	
18:00	74,1	
21:00	71,3	
3:00	40,2	



"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha N°
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		8

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** A4

**Fecha de Registro:** 17 de junio del 2011

**Ficha elaborada por:** Vanessa Guillen M.

**Tipo de vivienda:** aislada

**Ubicación de la vivienda:** Alfonso Moreno Mora 2 - 168

**Número de pisos:** 2

**Area de construcción:** 204 m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
					x				191

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	15	7,5	50
	Comedor	10,8	4,6	20,2
Espacio de trabajo	Cocina	11,8	1,9	16,1
	Estudio	13,9	3	21,6
Espacio de descanso	Dormit. 1	9,5	0,5	4,8
	Dormit. 2	13,3	2,2	16,2

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,9	20,2	18,6	17,7
Comedor	17,4	20,8	19,1	17,9
Cocina	16,5	19,5	18,9	18,1
Estudio	17	21	18,2	17,1
Dormitorio 1	17,8	20	19,7	17,7
Dormitorio 2	17,7	20	19,7	17,6
Exterior	13,4	24,8	13,4	9,9

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo hueco pintado	Frontal	38	41
	ladrillo hueco enluc/pint	Posterior	80	57
	ladrillo hueco pintado	Lateral Derecha	35	50
	ladrillo hueco pintado	Lateral Izquierda	40	35
	estuco/teja	Cubierta		
13:00	ladrillo hueco pintado	Frontal	42	39
	ladrillo hueco enluc/pint	Posterior	63	38
	ladrillo hueco pintado	Lateral Derecha	34	42
	ladrillo hueco pintado	Lateral Izquierda	35	39
	estuco/teja	Cubierta		
21:00	ladrillo hueco pintado	Frontal	45	70
	ladrillo hueco enluc/pint	Posterior	58,5	68
	ladrillo hueco pintado	Lateral Derecha	36,6	66,5
	ladrillo hueco pintado	Lateral Izquierda	34	65
	estuco/teja	Cubierta		
3:00	ladrillo hueco pintado	Frontal	40	36
	ladrillo hueco enluc/pint	Posterior	56	40
	ladrillo hueco pintado	Lateral Derecha	36	41
	ladrillo hueco pintado	Lateral Izquierda	32	37
	estuco/teja	Cubierta		

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	62
	Comedor	62
	Cocina	60
	Estudio	61,5
	Dormit. 1	53,5
	Dormit. 2	59
	Exterior	66
13:00	Sala	59
	Comedor	59
	Cocina	58
	Estudio	58,5
	Dormit. 1	58
	Dormit. 2	58
	Exterior	53
21:00	Sala	58
	Comedor	58
	Cocina	59,5
	Estudio	59
	Dormit. 1	59
	Dormit. 2	59
	Exterior	62
3:00	Sala	58
	Comedor	59
	Cocina	59,3
	Estudio	60
	Dormit. 1	59
	Dormit. 2	59
	Exterior	65,5

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo hueco pintado	15.4	11
		vidrio	13.9	12.3
		madera	14.9	13.3
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	13.1	13.6
		ladrillo hueco pintado	16.6	11.6
		vidrio	14.1	13.1
13:00	Frontal	ladrillo hueco pintado	17.1	16.6
		vidrio	21.4	19
		madera	19.7	19.4
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	20.9	23.6
		ladrillo hueco pintado	18.8	19.4
		vidrio	28.3	34.2
21:00	Frontal	ladrillo hueco pintado	18.7	12.1
		vidrio	15.6	13.6
		madera	18	14.8
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	19.2	14.6
		ladrillo hueco pintado	20	12.8
		vidrio	13.8	10.2
3:00	Frontal	ladrillo hueco pintado	16.8	8.4
		vidrio	13.2	10.9
		madera	16.3	11.3
	Posterior	ladrillo hueco enlucido	15.5	11.1
		ladrillo hueco pintado	18.5	9.1
		vidrio	11	10.4

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo hueco pintado	15.8	11.3
		vidrio	14.1	12.7
	Lat. Izq.	ladrillo hueco pintado	16.1	13.4
		vidrio	15.1	13.6
13:00	Lat. Der.	ladrillo hueco pintado	17.5	17.5
		vidrio	20.4	19.6
	Lat. Izq.	ladrillo hueco pintado	18.5	20.3
		vidrio	19.5	21.3
21:00	Lat. Der.	ladrillo hueco pintado	18.3	13.8
		vidrio	15.6	14.3
	Lat. Izq.	ladrillo hueco pintado	19.2	16.8
		vidrio	15.6	14.8
3:00	Lat. Der.	ladrillo hueco pintado	17.1	11.3
		vidrio	12.5	11.5
	Lat. Izq.	ladrillo hueco pintado	18.3	13.4
		vidrio	12.7	11.4

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	estuco	teja	16.2	12.2
13:00	estuco	teja	19.7	23.5
21:00	estuco	teja	19.2	11.4
3:00	estuco	teja	17.1	8.2

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	ceramica	15,9
13:00	ceramica	15,7
21:00	ceramica	18,5
3:00	ceramica	18,3

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	250	900	620	615	596,3
	Comedor	541	205	196	410	338,0
	Cocina	415	284	113	89	225,3
	Estudio	90	85	22	33	57,5
	Dormit. 1	36	30	10	0,8	19,2
	Dormit.2	360	336	837	900	608,3
	Exteriores	10000	12380	12380	15600	12590,0
15:00	Sala	400	410	708	555	518,3
	Comedor	555	563	943	802	715,8
	Cocina	508	1060	99	113	445,0
	Estudio	155	85	242	250	183,0
	Dormit. 1	80	25,5	7,1	15	31,9
	Dormit.2	500	450	900	980	707,5
	Exteriores	11800	6840	8000	6750	8347,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	34,3
	Comedor	39,9
	Cocina	38,6
	Estudio	40,9
	Dormit. 1	41,5
	Dormit.2	40,5
13:00	Sala	47
	Comedor	34,4
	Cocina	44,8
	Estudio	32,7
	Dormit. 1	37,8
	Dormit.2	37,2

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	36,2
	Comedor	34,5
	Cocina	47,3
	Estudio	34,6
	Dormit. 1	39,7
	Dormit.2	37,4
21:00	Sala	37,7
	Comedor	35,8
	Cocina	45,8
	Estudio	34,1
	Dormit. 1	39,5
	Dormit.2	34,9

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	33,1
	Comedor	31,5
	Cocina	36,8
	Estudio	30,9
	Dormit. 1	30,3
	Dormit.2	29,9
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	59	
13:00	61,9	
18:00	57,5	
21:00	61,2	
3:00	34,5	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha Nº
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		9

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** Ad5

**Fecha de Registro:** 18 de junio del 2011

**Ficha elaborada por:** Vanessa Guillen M.

**Tipo de vivienda:** adosada

**Ubicación de la vivienda:** Lope de Atienza y Juan Sama

**Número de pisos:** 3

**Area de construcción:** 302,53m2

#### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
					x				160

#### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	21,7	3,36	15,5
	Comedor	13,6	2,3	16,9
Espacio de trabajo	Cocina	10,6	1,13	10,6
	Estudio	10,9	0,96	8,8
Espacio de descanso	Dormit. 1	12,4	1,98	16,0
	Dormit. 2	10,9	1,9	17,4

#### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,3	17,9	17,7	16,7
Comedor	17,5	18,1	18,5	17,5
Cocina	16,7	18	18,3	17,3
Estudio	17,1	19,5	19	17,7
Dormitorio 1	17,2	18,8	19,1	17,8
Dormitorio 2	17,5	18,5	19,1	18,3
Exterior	13,8	20,4	16,5	11,4

#### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	89	92
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	93	94
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	88	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	85	-
	madera/eternit	Cubierta	15.8	45
13:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	85	87
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	86	92
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	88	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	80	-
	madera/eternit	Cubierta	12.5	48.5
21:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	93	84
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	92	90
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	87	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	86	-
	madera/eternit	Cubierta	18	43
3:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	92	93
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	81.5	88
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	83	-
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	79	-
	madera/eternit	Cubierta	9.6	50

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	59,5
	Comedor	60
	Cocina	60,5
	Estudio	59,3
	Dormit. 1	59
	Dormit. 2	59
	Exterior	61,5
13:00	Sala	60,5
	Comedor	60
	Cocina	59
	Estudio	59
	Dormit. 1	60,5
	Dormit. 2	60,5
	Exterior	56
21:00	Sala	60
	Comedor	60,5
	Cocina	60
	Estudio	60
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61
	Exterior	61
3:00	Sala	61,5
	Comedor	62
	Cocina	61,5
	Estudio	60
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61,5
	Exterior	65

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	15.4	12.5
		vidrio	15.3	14.4
		madera	15.9	12.2
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	15.9	12.8
		vidrio	14.6	14.5
		madera	17	15.4
13:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	15.9	17.4
		vidrio	19.3	19
		madera	18.1	20.5
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	17	18.5
		vidrio	19.9	18.8
		madera	20	19.8
21:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	16.7	16.1
		vidrio	16.4	14.9
		madera	16.8	15.6
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	17.6	15.5
		vidrio	16.6	15.7
		madera	17.1	15.7
3:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	16.6	11.2
		vidrio	13.8	11.3
		madera	15.8	11.7
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	16.8	12.6
		vidrio	14.3	13
		madera	16.5	13.4

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	madera	eternit	16	16.9
13:00	madera	eternit	21.4	27.1
21:00	madera	eternit	17.4	16.2
3:00	madera	eternit	14.8	9.5

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	15.4	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	18.7	-
13:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	16.6	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	18.6	-
21:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	16.8	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	17.4	-
3:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	16.3	-
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	18.1	-

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	madera (parquet)	15,6
13:00	madera	16,8
21:00	madera	17,3
3:00	madera	17,3

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	230	244	101	116	172,8
	Comedor	975	269	321	2200	941,3
	Cocina	79	105,1	65	60	77,3
	Estudio	1261	261	66	33	405,3
	Dormit. 1	554	797	109	120	395,0
	Dormit.2	2200	1200	510	240	1037,5
	Exteriores	11570	13230	14710	18240	14437,5
15:00	Sala	210	285	85	70	162,5
	Comedor	100	843	626	91	415,0
	Cocina	21	131	17	18	46,8
	Estudio	35	19	240	265	139,8
	Dormit. 1	466	420	85	112	270,8
	Dormit.2	412	188	1305	1926	957,8
	Exteriores	4370	9130	13370	9040	8977,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	30,9
	Comedor	35,2
	Cocina	40,8
	Estudio	36,9
	Dormit. 1	29,9
	Dormit.2	30
13:00	Sala	29,6
	Comedor	29,9
	Cocina	31,2
	Estudio	48,6
	Dormit. 1	30,7
	Dormit.2	31,4

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	31,4
	Comedor	42
	Cocina	38,8
	Estudio	38,2
	Dormit. 1	48,1
	Dormit.2	34
21:00	Sala	33,5
	Comedor	40
	Cocina	32
	Estudio	35,4
	Dormit. 1	31
	Dormit.2	32,2

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	30,5
	Comedor	31,1
	Cocina	30,9
	Estudio	34,3
	Dormit. 1	30,5
	Dormit.2	30,4
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	43,5	
13:00	41,3	
18:00	63,4	
21:00	40,6	
3:00	42,5	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"	Ficha N°
	10

FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** A5  
**Fecha de Registro:** 20/06/2011  
**Ficha elaborada por:** Grupo de Tesis  
**Tipo de vivienda:** Aislada  
**Ubicación de la vivienda:** Av. Loja entre Av. Don Bosco y Alonso Quijano  
**Número de pisos:** 2 **Area de construcción:** 247m2

### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
								x	303

### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	21,5	8,7	40,47
	Comedor	9,18	2,625	28,59
Espacio de trabajo	Cocina	8,36	1,44	17,22
	Estudio	22	3,15	14,32
Espacio de descanso	Dormit. 1	23,67	4,35	18,38
	Dormit. 2	13	6,3	48,46

### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora	7:00	13:00	21:00	3:00
Espacio				
Sala	15,2	20	19,1	17,7
Comedor	16,7	20,2	19	17,9
Cocina	16,9	20,4	19	17,7
Estudio	16,9	20,4	18,7	17,3
Dormitorio 1	16,7	20	19,9	18,3
Dormitorio 2	16,7	20	19,6	17,5
Exterior	10	27,3	14,5	8,9

### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	lad. Enlucido/ladrillo	Frontal	60,3	61,4
	lad. Enlucido/ladrillo	Posterior	65,4	56
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Derecha	61,3	57,1
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Izquierda	55,6	53,9
	Estuco Yeso/Teja cemento	Cubierta	27,2	—
	Adobe enlucido	Lateral Izquierda	107,5	99
13:00	Adobe enlucido	Posterior	86,6	85,3
	lad. Enlucido/ladrillo	Frontal	59,3	55,1
	lad. Enlucido/ladrillo	Posterior	60,9	49,9
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Derecha	56,8	53,8
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Izquierda	58,1	51,9
	Estuco Yeso/Teja cemento	Cubierta	26,1	—
21:00	Adobe enlucido	Lateral Izquierda	106,3	97,9
	Adobe enlucido	Posterior	85,5	80,2
	lad. Enlucido/ladrillo	Frontal	60,9	45,9
	lad. Enlucido/ladrillo	Posterior	66,7	51,5
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Derecha	62,8	46,5
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Izquierda	53,2	55,1
3:00	Estuco Yeso/Teja cemento	Cubierta	26,3	—
	Adobe enlucido	Lateral Izquierda	111,1	94,1
	Adobe enlucido	Posterior	90,4	71
	lad. Enlucido/ladrillo	Frontal		
	lad. Enlucido/ladrillo	Posterior		
	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Derecha		
3:00	lad. Enlucido/ladrillo	Lateral Izquierda		
	Estuco Yeso/Teja cemento	Cubierta		
	Adobe enlucido	Lateral Izquierda		
	Adobe enlucido	Posterior		
	lad. Enlucido/ladrillo	Frontal		
	lad. Enlucido/ladrillo	Posterior		

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	64
	Comedor	64
	Cocina	64
	Estudio	65
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	62
13:00	Exterior	65
	Sala	62
	Comedor	62
	Cocina	59
	Estudio	60
	Dormit. 1	61
21:00	Dormit. 2	61
	Exterior	51
	Sala	63
	Comedor	63
	Cocina	62
	Estudio	63
3:00	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61
	Exterior	62
	Sala	
	Comedor	
	Cocina	
3:00	Estudio	
	Dormit. 1	
	Dormit. 2	
	Exterior	
	Sala	
	Comedor	



### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	lad. Enlucido/ladrillo	17,2	11,7
		Vidrio	13,5	12,5
		Puerta de madera	14,1	13,0
	Posterior	lad. Enlucido/ladrillo	17,1	11,6
		Adobe enlucido	17,6	11,7
		Vidrio	12,8	11,4
13:00	Frontal	lad. Enlucido/ladrillo	16,8	20,4
		Vidrio	24	26,9
		Puerta de madera	19,5	21,0
	Posterior	lad. Enlucido/ladrillo	12,9	13,6
		Adobe enlucido	14,1	16,3
		Vidrio	15,8	16,4
21:00	Frontal	lad. Enlucido/ladrillo	19,8	17,6
		Vidrio	15,3	14,4
		Puerta de madera	16,8	16,1
	Posterior	lad. Enlucido/ladrillo	17,4	13,4
		Adobe enlucido	17,8	13,9
		Vidrio	14,3	13,6
3:00	Frontal	lad. Enlucido/ladrillo		
		Vidrio		
		Puerta de madera		
	Posterior	lad. Enlucido/ladrillo		
		Adobe enlucido		
		Vidrio		

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	lad. Enlucido/ladrillo	17,1	12,1
		Vidrio	13,6	12,3
	Lat. Izq.	lad. Enlucido/ladrillo	15,1	11,5
		Adobe enlucido	17,1	12,4
		Vidrio	13,5	12,1
13:00	Lat. Der.	lad. Enlucido/ladrillo	13,3	15,3
		Vidrio	18,1	20,6
	Lat. Izq.	lad. Enlucido/ladrillo	14,1	20,6
		Adobe enlucido	15,9	28,8
		Vidrio	20,6	20,4
21:00	Lat. Der.	lad. Enlucido/ladrillo	17,6	15,8
		Vidrio	16,4	15,9
	Lat. Izq.	lad. Enlucido/ladrillo	19,2	16,1
		Adobe enlucido	17,7	16,3
		Vidrio	17,0	15,2
3:00	Lat. Der.	lad. Enlucido/ladrillo		
		Vidrio		
	Lat. Izq.	lad. Enlucido/ladrillo		
		Adobe enlucido		
		Vidrio		

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	Estuco Yeso	Teja de cemento	15,3	6,4
13:00	Estuco Yeso	Teja de cemento	19,8	40,7
21:00	Estuco Yeso	Teja de cemento	18,6	5,6
3:00	Estuco Yeso	Teja de cemento		

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	madera	15,1
13:00	madera	15,8
21:00	madera	17,4
3:00	madera	

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	342	636	95,7	102,4	294,025
	Comedor	372	473	65	59,6	242,4
	Cocina	176	145	98,4	51,2	117,65
	Estudio	566	480	135	127	327
	Dormit. 1	133	401	69	107,8	177,7
	Dormit.2	592	1078	187	370	556,75
	Exteriores	9870	9700	8300	5680	8387,5
15:00	Sala	2320	3410	1340	1720	2197,5
	Comedor	2670	3030	1390	1340	2107,5
	Cocina	1089	633	721	545	747
	Estudio	898	705	367	382	588
	Dormit. 1	1840	1020	570	660	1022,5
	Dormit.2	3730	1070	1480	1220	1875
	Exteriores	18750	17500	20000	20000	19062,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	33,6
	Comedor	38,1
	Cocina	30,9
	Estudio	32,6
	Dormit. 1	35,7
	Dormit.2	32,9
13:00	Sala	40,4
	Comedor	38,6
	Cocina	46,4
	Estudio	33,1
	Dormit. 1	34,3
	Dormit.2	31,7

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	48,7
	Comedor	53,1
	Cocina	49,1
	Estudio	47,2
	Dormit. 1	52,1
	Dormit.2	50,4
21:00	Sala	33,9
	Comedor	32,3
	Cocina	35,4
	Estudio	32,1
	Dormit. 1	35,7
	Dormit.2	31

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	
	Comedor	
	Cocina	
	Estudio	
	Dormit. 1	
	Dormit.2	
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	49,8	
13:00	51,3	
18:00	67,5	
21:00	48,4	
3:00		

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"	Ficha Nº
	11

FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** Ad6

**Fecha de Registro:** 22/06/2011

**Ficha elaborada por:** Grupo de Tesis

**Tipo de vivienda:** adosada

**Ubicación de la vivienda:** García Moreno entre Gonzalez Suarez y La República.

**Número de pisos:** 2

**Area de construcción:** 191,8m2

### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
							x		267

### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	10,18	3,22	31,63
	Comedor	10,5	3,22	15,57
Espacio de trabajo	Cocina	9,5	1,755	18,47
	Estudio	4,74	1,93	40,72
Espacio de descanso	Dormit. 1	11,34	2,73	24,07
	Dormit. 2	9,54	2,34	24,53

### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	18,3	21,6	20,6	19,7
Comedor	18,1	21,3	20,2	19,6
Cocina	17,9	22	20	19,5
Estudio	18,3	22,8	20,7	19,9
Dormitorio 1	17,6	22,2	21,1	19,8
Dormitorio 2	17,7	22,4	20,8	19,9
Exterior	14,5	27,7	17,9	15

### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo enlucido	Frontal	69,5	75
	ladrillo enlucido	Posterior	66,9	71,2
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	67,7	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	64,3	—
	Estuco /Teja	Cubierta	25,1	—
13:00	ladrillo enlucido	Frontal	66,3	70,6
	ladrillo enlucido	Posterior	65,2	68,7
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	67,9	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	61,4	—
	Estuco /Teja	Cubierta	24,3	—
21:00	ladrillo enlucido	Frontal	65,4	67,5
	ladrillo enlucido	Posterior	66,5	72,6
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	69,7	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	60,7	—
	Estuco /Teja	Cubierta	24,1	—
3:00	ladrillo enlucido	Frontal	72,8	74,6
	ladrillo enlucido	Posterior	68,1	80,2
	ladrillo enlucido	Lateral Derecha	70,1	—
	ladrillo enlucido	Lateral Izquierda	66,9	—
	Estuco/Teja	Cubierta	24,6	—

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	62
	Comedor	62
	Cocina	62
	Estudio	61
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61
	Exterior	63
13:00	Sala	60
	Comedor	60
	Cocina	58
	Estudio	59
	Dormit. 1	59
	Dormit. 2	59
	Exterior	56
21:00	Sala	58
	Comedor	58
	Cocina	58
	Estudio	61
	Dormit. 1	61
	Dormit. 2	61
	Exterior	60
3:00	Sala	61
	Comedor	61
	Cocina	62
	Estudio	62
	Dormit. 1	62
	Dormit. 2	62
	Exterior	64

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo enlucido	18,8	13,2
		Vidrio	16,4	14,1
		Puerta de madera	16,8	15,8
	Posterior	ladrillo enlucido	17,8	12,6
		Vidrio	16,3	15,4
		Puerta de madera	15,9	15,3
13:00	Frontal	ladrillo enlucido	20,3	24,3
		Vidrio	26,1	27,6
		Puerta de madera	20,7	21,4
	Posterior	ladrillo enlucido	18,7	20,2
		Vidrio	20,1	20,2
		Puerta de madera	19,9	20,6
21:00	Frontal	ladrillo enlucido	19,9	17,6
		Vidrio	18,8	16,2
		Puerta de madera	18,8	18,5
	Posterior	ladrillo enlucido	19,1	15,9
		Vidrio	18,2	17,6
		Puerta de madera	18	17,3
3:00	Frontal	ladrillo enlucido	20,2	16,2
		Vidrio	16,6	15,6
		Puerta de madera	17,8	17,6
	Posterior	ladrillo enlucido	19,1	16,1
		Vidrio	17,6	17,1
		Puerta de madera	17,4	16,4

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	18,3	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	18,6	—
13:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	19,3	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	19,8	—
21:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	19,3	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	19,8	—
3:00	Lat. Der.	ladrillo enlucido	18,9	—
	Lat. Izq.	ladrillo enlucido	19,6	—

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	Estuco	Teja	16,9	15,3
13:00	Estuco	Teja	22,4	36,4
21:00	Estuco	Teja	19,8	15
3:00	Estuco	Teja	17,5	9,8

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	madera	18,4
13:00	madera	20,1
21:00	madera	18,9
3:00	madera	19,1

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	926	896	179	138	534,75
	Comedor	30,3	21,56	23,67	15,41	22,735
	Cocina	1007	1978	186,2	154,2	831,35
	Estudio	112	80,4	93,1	46,7	83,05
	Dormit. 1	1287	1481	472	504	936
	Dormit.2	2920	2630	628	552	1682,5
15:00	Exteriores	8380	11350	12830	14150	11677,5
	Sala	3220	3480	510	350	1890
	Comedor	217	145	112,3	72,5	136,7
	Cocina	1050	1116	440	320	731,5
	Estudio	213	154	255	142	191
	Dormit. 1	1910	2150	810	650	1380
	Dormit.2	3030	3270	1153	959	2103
	Exteriores	20000	20000	18750	16730	18870

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	48,1
	Comedor	47
	Cocina	38,6
	Estudio	43,9
	Dormit. 1	47,1
	Dormit.2	36,1
13:00	Sala	54,4
	Comedor	51,5
	Cocina	50,4
	Estudio	47,1
	Dormit. 1	48,4
	Dormit.2	41,9

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	55,2
	Comedor	53,8
	Cocina	52,1
	Estudio	49,3
	Dormit. 1	51,2
	Dormit.2	42,7
21:00	Sala	42,3
	Comedor	44,4
	Cocina	45,5
	Estudio	44,5
	Dormit. 1	45,3
	Dormit.2	36,8

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	32,7
	Comedor	33,3
	Cocina	31,6
	Estudio	39,8
	Dormit. 1	32,4
	Dormit.2	31
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	72,4	
13:00	77,3	
18:00	85,5	
21:00	72,2	
3:00	42,8	

"CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA"		Ficha N°
FICHAS DE REGISTRO TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES		12

**CODIGO DE LA EDIFICACION:** A6

**Fecha de Registro:** 25 de junio del 2011

**Ficha elaborada por:** Vanessa Guillen M.

**Tipo de vivienda:** Aislada

**Ubicación de la vivienda:** Jose Astudillo y Miguel Morocho

**Número de pisos:** 2

**Area de construcción:** 283 m2

### 1.- Orientación

Orientación de la fachada principal	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Angulo de inclinación
		x							45

### 2.- Areas de ambientes

Ambiente	Espacio	Area (m2)	Area ventanas (m2)	Relación A. Vent./A. Espacio (%)
Espacio social	Sala	15,3	5,4	35,3
	Comedor	19,1	4	20,9
Espacio de trabajo	Cocina	14,1	2,6	18,4
	Estudio			
Espacio de descanso	Dormit. 1	20,1	1,8	9,0
	Dormit. 2	12,6	1,8	14,3

### 3.- Termómetro: Temperatura Ambiente (° C)

Hora \ Espacio	7:00	13:00	21:00	3:00
Sala	16,3	17,1	17	16,5
Comedor	16,9	17,1	17,3	16,6
Cocina	17,1	18,1	17,4	17
Estudio				
Dormitorio 1	16,5	17,4	15,8	15
Dormitorio 2	16,8	17,3	16,7	16,4
Exterior	14	17,9	13	11,6

### 4.- Hidrómetro: Humedad del envolvente y Humedad Relativa del Ambiente (%)

Hora	Material Predominante	Fachada o Cubierta	Dato	
			Int	Ext
7:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	86	78
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	75	84
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	85	80
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	42	75
	estuco/teja	Cubierta		
13:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	86	83
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	75	78
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	77	78
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	40	73
	estuco/teja	Cubierta		
21:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	84	75
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	75	80
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	73	80
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	41	79
	estuco/teja	Cubierta		
3:00	ladrillo macizo enlucido	Frontal	81	84
	ladrillo macizo enlucido	Posterior	74	85
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Derecha	72	75
	ladrillo macizo enlucido	Lateral Izquierda	40	82
	estuco/teja	Cubierta		

Hora	Espacio	Dato
7:00	Sala	64
	Comedor	63,5
	Cocina	64
	Estudio	
	Dormit. 1	63
	Dormit. 2	63,5
	Exterior	66
13:00	Sala	63,5
	Comedor	64
	Cocina	64
	Estudio	
	Dormit. 1	62,5
	Dormit. 2	63,5
	Exterior	61,5
21:00	Sala	64
	Comedor	62,5
	Cocina	63
	Estudio	
	Dormit. 1	64
	Dormit. 2	64,5
	Exterior	68
3:00	Sala	67
	Comedor	66,5
	Cocina	66,5
	Estudio	
	Dormit. 1	69
	Dormit. 2	66
	Exterior	71

### 5.- Termómetro Térmico: Temperatura del envoltente (°C)

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	16.7	14.1
		vidrio	15.1	12.9
		madera	15.9	15
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	16.3	14.1
		vidrio	14.5	14
		madera	15.4	15.2
13:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	16.3	15.6
		vidrio	16	14.8
		madera	16.3	17.3
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	16.6	15.8
		vidrio	16.3	15.6
		madera	16.9	17.5
21:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	14	12.6
		vidrio	12.7	12
		madera	14.1	12.1
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	16.1	11.5
		vidrio	14.4	11
		madera	16.3	11.4
3:00	Frontal	ladrillo macizo enlucido	16.4	13.1
		vidrio	14.5	12.1
		madera	15.8	12.1
	Posterior	ladrillo macizo enlucido	15.9	12.3
		vidrio	13.4	12.5
		madera	14.9	12.4

Hora	Fachada	Material Predominante	Dato	
			Int	Ext
7:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	16.1	12.8
		vidrio	14.4	12.8
		madera	15.1	12.6
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	15.7	14.1
		vidrio	14.3	14.7
13:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	15.9	14.8
		vidrio	15	14.9
		madera	16.3	15.4
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	16.1	15
		vidrio	16.1	15.8
21:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	16.6	11.9
		vidrio	15.4	12.1
		madera	16	11.8
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	14.6	11.4
		vidrio	12.3	11.5
3:00	Lat. Der.	ladrillo macizo enlucido	16.1	12.2
		vidrio	13.9	12.2
		madera	15.3	11.6
	Lat. Izq.	ladrillo macizo enlucido	15.8	12.2
		vidrio	13.7	12.9

Hora	Cubierta		Dato	
	Mat. Interior	Mat. Exterior	Int	Ext
7:00	estuco	teja	14	13.9
13:00	estuco	teja	17.5	17.1
21:00	estuco	teja	16.1	13
3:00	estuco	teja	14.1	13.6

Hora	Piso	Dato
	Material Predominante Interior	
7:00	duela	15,7
13:00	duela	16,5
21:00	duela	16,6
3:00	duela	15,9

### 6.- Luxómetro: Luminosidad (lux)

Hora	Espacio	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Promedio
9:00	Sala	461	538	150	155	326
	Comedor	122	180	82	89	118,25
	Cocina	330	335	57,8	124,8	211,9
	Estudio					0
	Dormit. 1	80	847	280	120	331,75
	Dormit.2	270	318	370	445	350,75
	Exteriores	7140	12150	14400	6890	10145
15:00	Sala	238	194,8	98	85	153,95
	Comedor	75	50	70	90	71,25
	Cocina	157	230	176	92	163,75
	Estudio					0
	Dormit. 1	353	70	251	57	182,75
	Dormit.2	144	74	80	147	111,25
	Exteriores	5000	12270	4140	13700	8777,5

### 7.- Sonómetro: Acústica del Ambiente (DB)

Hora	Espacio	Dato
8:00	Sala	43
	Comedor	52
	Cocina	50
	Estudio	
	Dormit. 1	51,8
	Dormit.2	50
13:00	Sala	42,7
	Comedor	51,5
	Cocina	46
	Estudio	
	Dormit. 1	46,2
	Dormit.2	49,7

Hora	Espacio	Dato
18:00	Sala	40,6
	Comedor	41,6
	Cocina	44,9
	Estudio	
	Dormit. 1	41,8
	Dormit.2	49,9
21:00	Sala	41,1
	Comedor	42,1
	Cocina	48,5
	Estudio	
	Dormit. 1	63,1
	Dormit.2	49,6

Hora	Espacio	Dato
3:00	Sala	50,9
	Comedor	47,7
	Cocina	40,5
	Estudio	
	Dormit. 1	47,6
	Dormit.2	37,5
Sonido Externo		
Hora	Dato	
8:00	82,2	
13:00	75,9	
18:00	67,4	
21:00	71,5	
3:00	71,8	



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Tesis profesional de Arquitectura

**“CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA”**

**PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA  
A NIVEL DE ANTEPROYECTO**

**Director:**

Arq. Augusto Samaniego

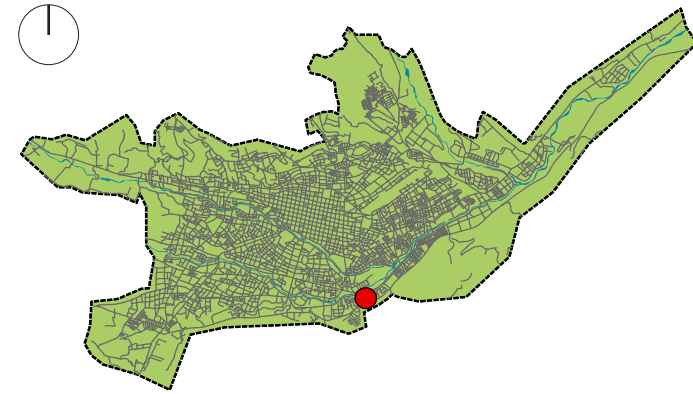
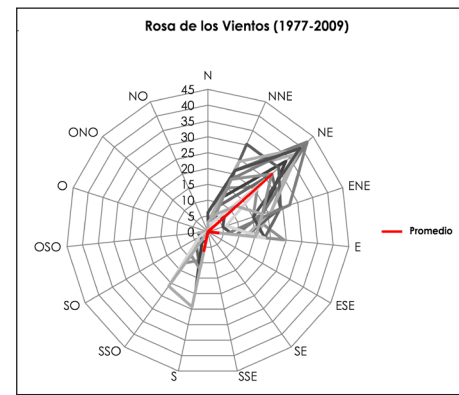
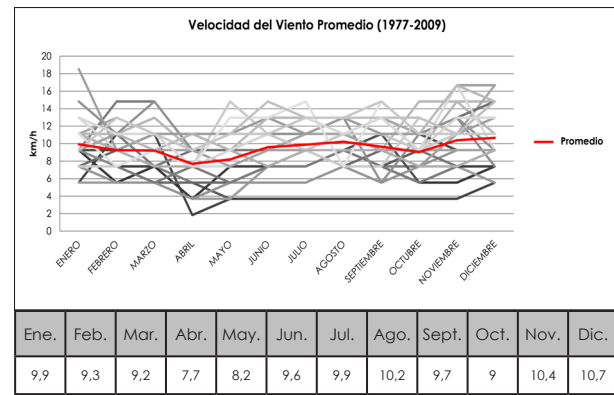
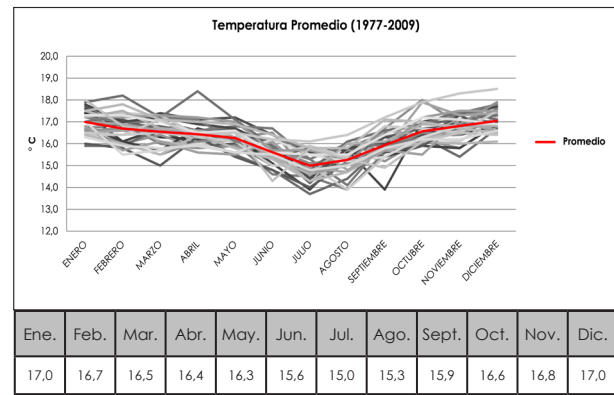
**Autores:**

Ximena Cordero Ordóñez

Vanessa Guillén Mena

Cuenca – Ecuador

2012

Datos  
Generales

Latitud

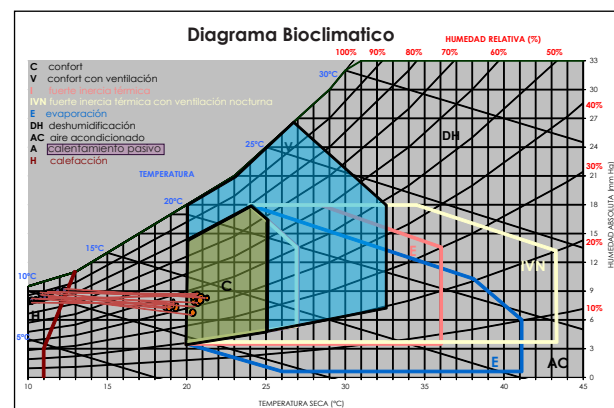
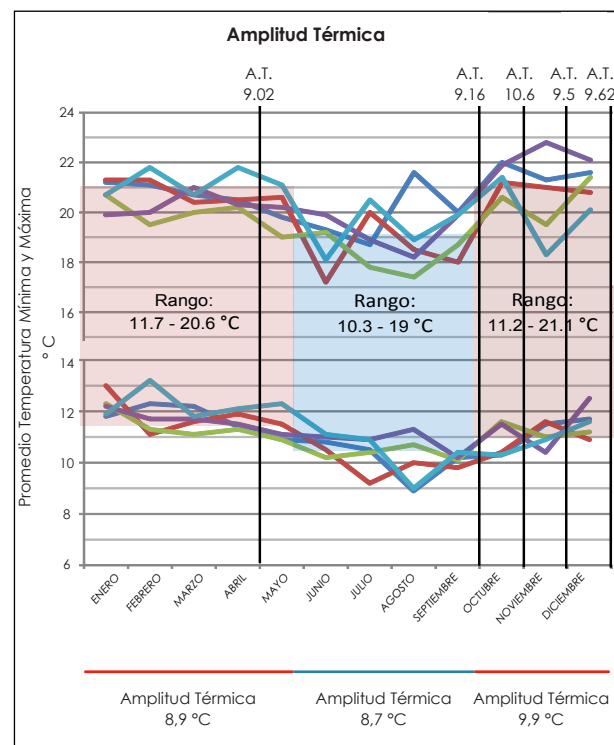
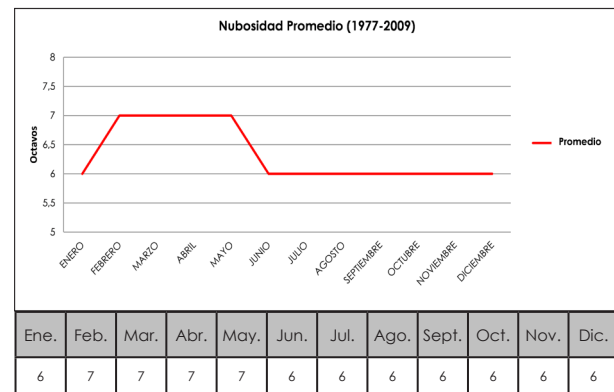
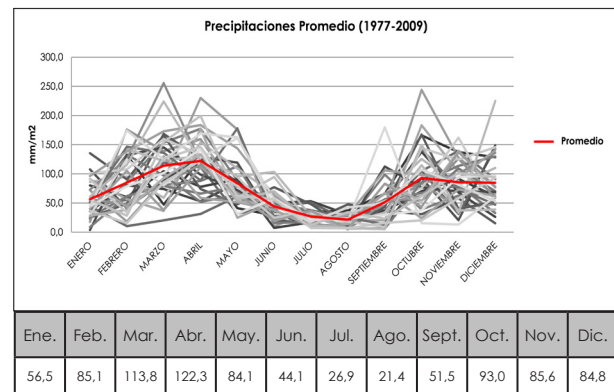
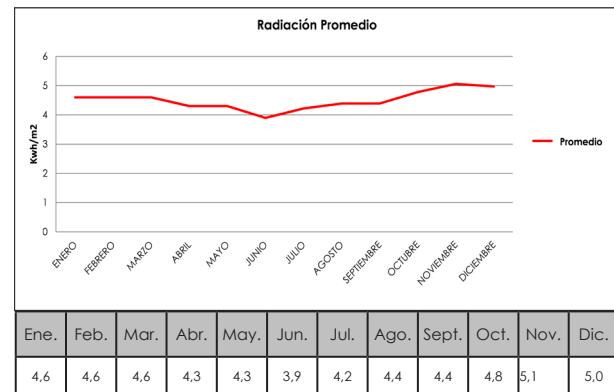
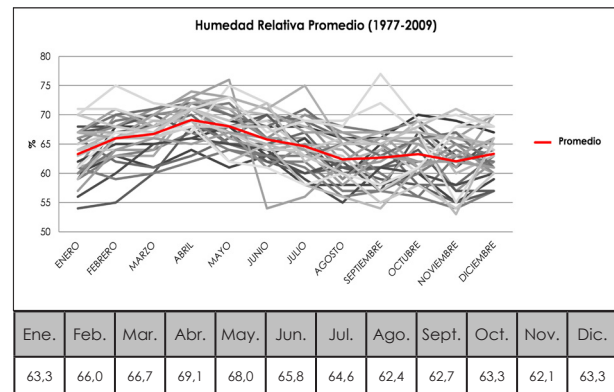
- 2° 53' 12"

Longitud

- 79°

Altitud

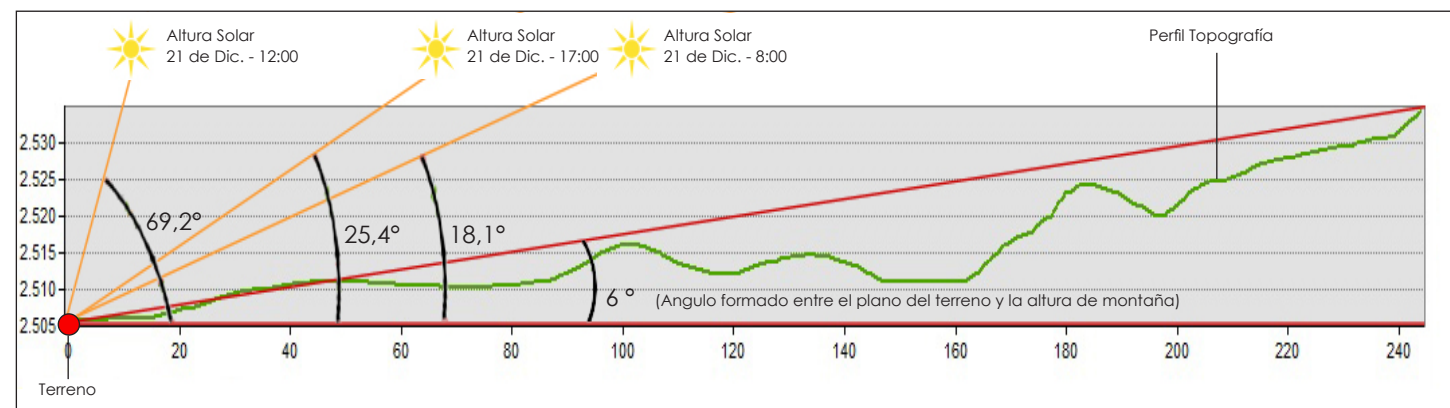
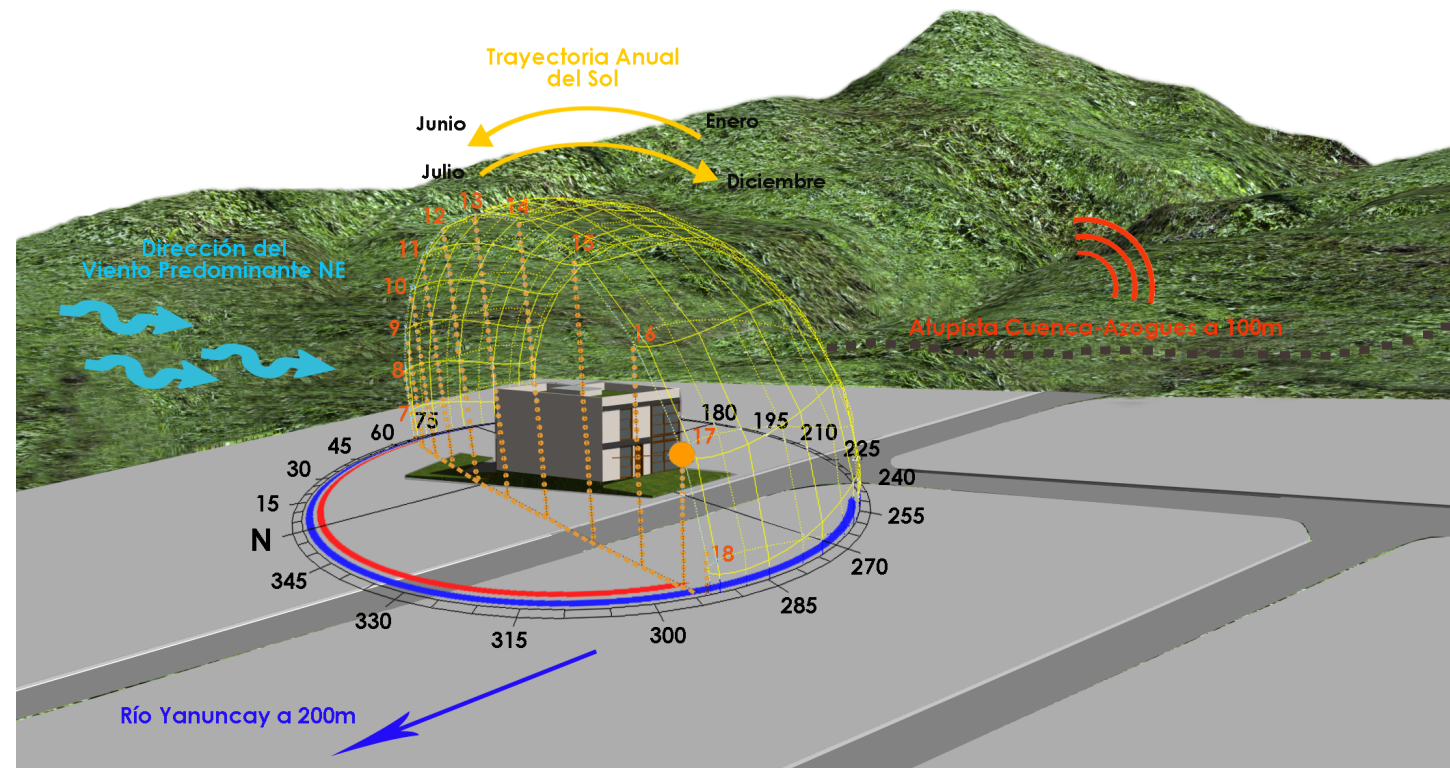
2530 m.s.n.m



## Diagrama Psicométrico de Givoni

En el diagrama bioclimático para edificaciones se puede obtener las estrategias a utilizar en el diseño, en función de las condiciones higroterómicas de la ciudad.

En ella se distinguen unas zonas asociadas a sus respectivas técnicas bioclimáticas para alcanzar la zona de bienestar. En el gráfico se puede ver que las líneas climáticas de cada mes de la ciudad de Cuenca se encuentran en la zona perteneciente a "A", lo cual indica que la estrategia a seguir es el calentamiento solar pasivo y la incorporación de inercia térmica en la edificación.



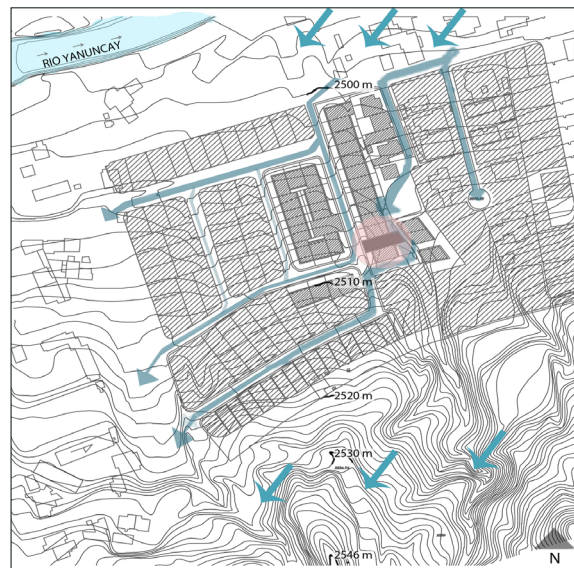
## Amplitud Térmica

En el gráfico se identifica el promedio de temperaturas máximas y mínimas diarias por cada mes, de manera que expresa la variación de grados a lo largo del año. En general los resultados son prácticamente constantes, notándose que entre los meses de junio y septiembre hay un descenso de temperatura. Sin embargo la variación significativa de temperatura es la diaria pues la amplitud térmica oscila entre los 9 y 11 grados.

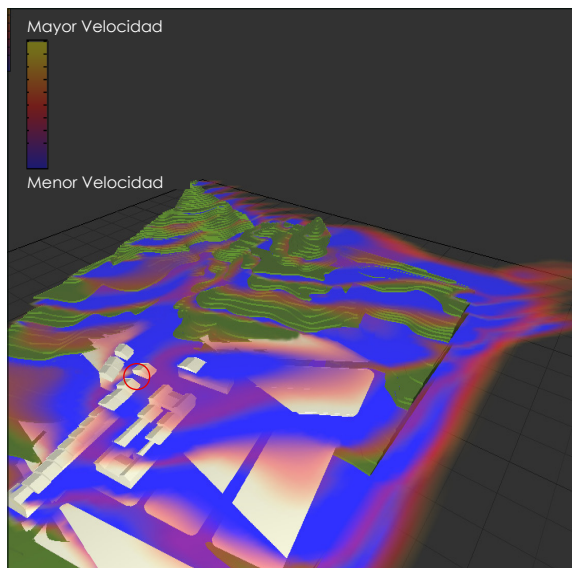
## Emplazamiento y Microclima

El terreno se encuentra ubicado al Sureste de la ciudad de Cuenca, en una zona residencial de viviendas adosadas. Su orientación es adecuada (Este - Oeste), permitiendo el aprovechamiento solar, no así con respecto a los vientos predominantes que presentan una dirección Noreste, que al atravesar el río Yanuncay cercano al terreno provoca un enfriamiento de las corrientes de aire que mantienen un recorrido favorable por la topografía de la zona, perjudicando las condiciones higroterómicas del lugar a emplazar el proyecto. Si bien el predio se ubica cercano a una colina ubicada al Sur de la ciudad, esta no produce sombras que puedan afectar al soleamiento del terreno en el solsticio de diciembre, debido a que la altura solar tanto en la mañana como en la tarde, alcanza un ángulo mínimo de 25.4° y 18.1° respectivamente, los cuales son mayores al ángulo formado por la altura de la montaña y el plano del terreno (6°).





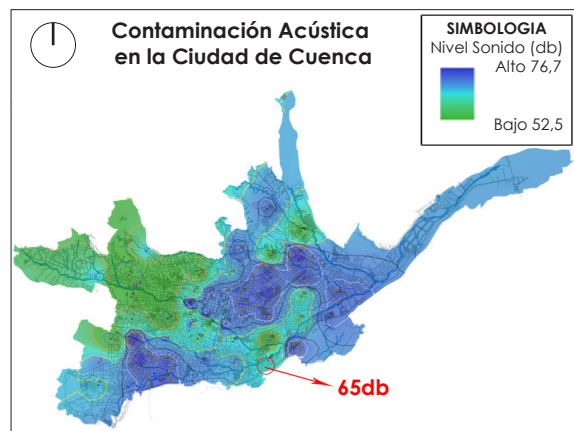
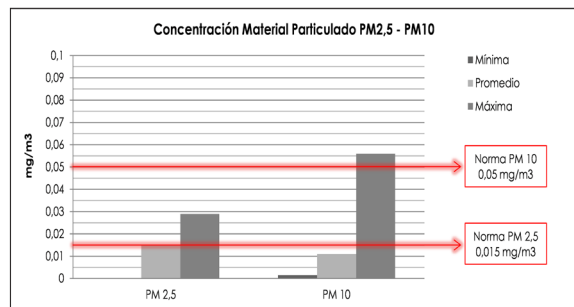
**Análisis de Vientos**



**Velocidad del Viento**

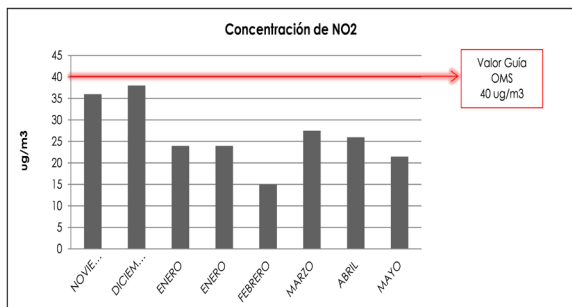


**Recorrido del Viento**



**Otros Aspectos Ambientales**

Por la ubicación del terreno el flujo vehicular es alto, (65 dB ), superando lo recomendado (55dB). Considerando la calidad del aire los niveles de concentración de gases contaminantes como O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub> presentan niveles permisibles, al igual que el material particulado PM10 y PM2.5, excepto sus valores máximos.

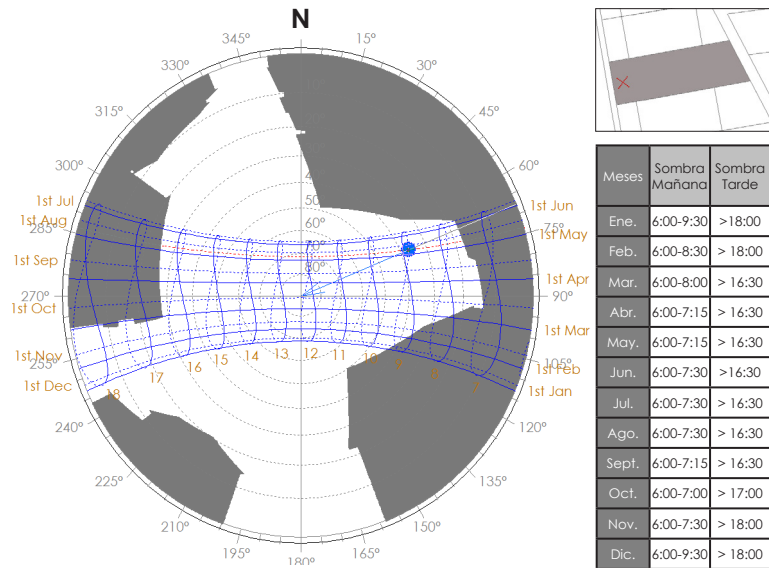


**Estudios de Asoleamiento**

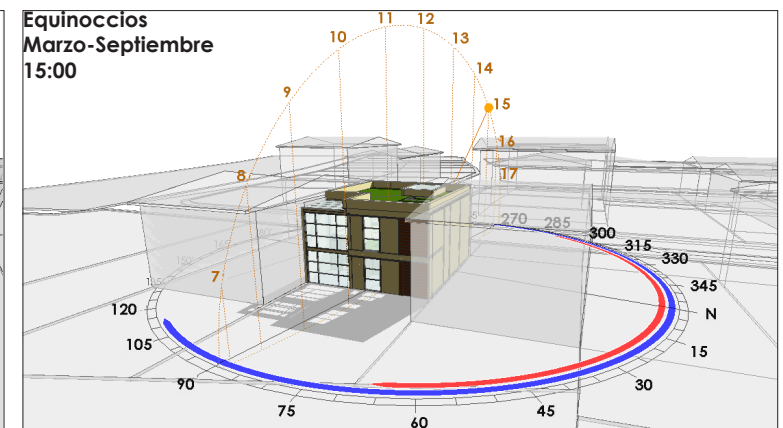
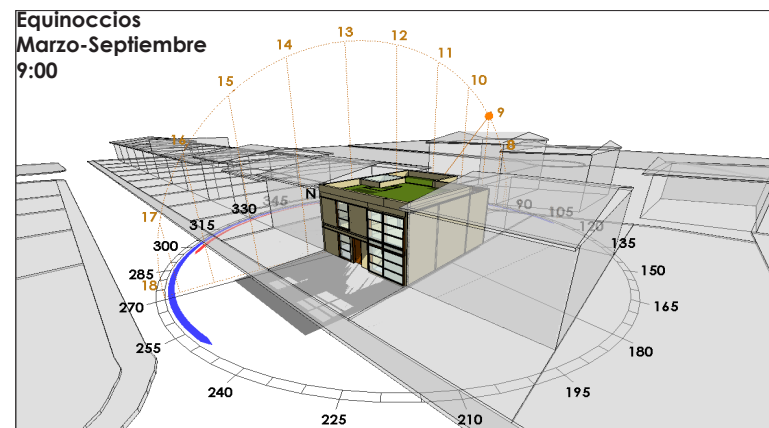
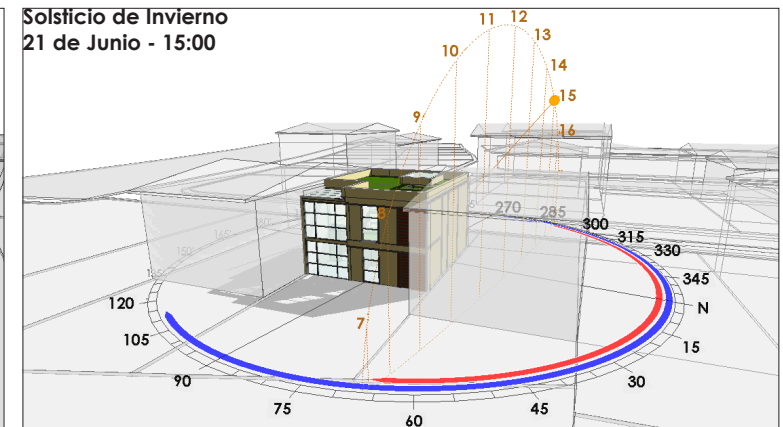
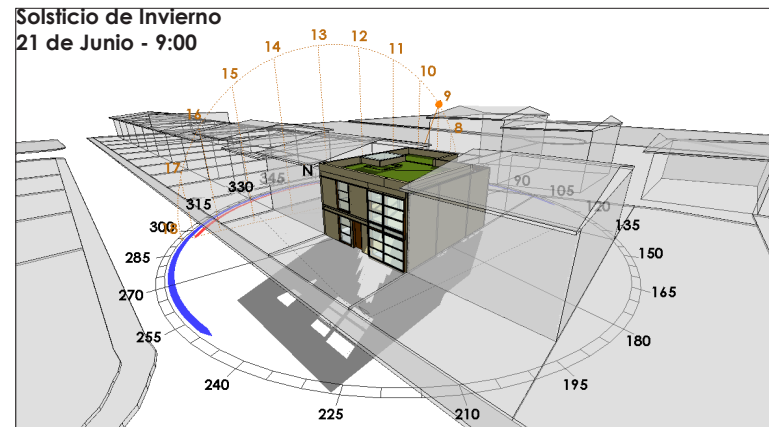
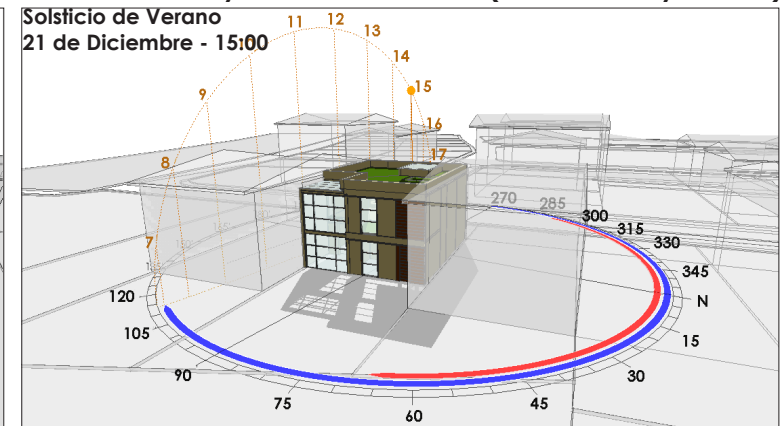
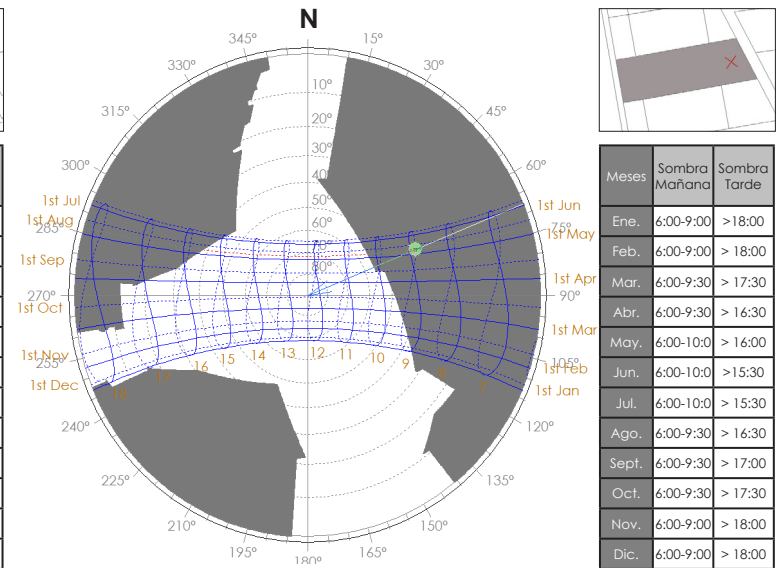
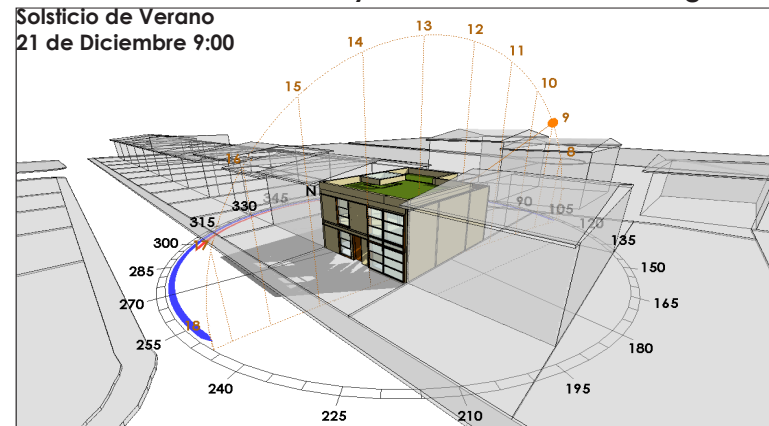
La edificación al estar orientada en sentido Este-Oeste, los diferentes ambientes reciben sol durante todo el año, encontrándose arrojamientos de sombra hacia el Sur en el solsticio de invierno (junio) y hacia el Norte en el solsticio de verano (diciembre). En los equinoccios de marzo y septiembre las sombras son arrojadas hacia el frente sin tendencia de Norte o Sur. Los espacios ubicados hacia la fachada Este recibirán sol durante las mañanas mientras que los ambientes orientados hacia el Oeste reciben sol durante la tarde.

En los análisis de sombras con respecto al punto ubicado al Este del terreno, las sombras de las viviendas aledañas se proyectan hasta las 9h30 de noviembre a febrero. Y a partir de las 16h30 en los meses de marzo a octubre. Mientras que en el punto ubicado en el Oeste del terreno las sombras proyectadas se dan entre los meses de mayo a agosto tanto en la mañana (hasta las 10h00) como en la tarde (pasada las 15h30). En los demás meses existen inconvenientes en las mañanas hasta las 9h00 o 9h30.

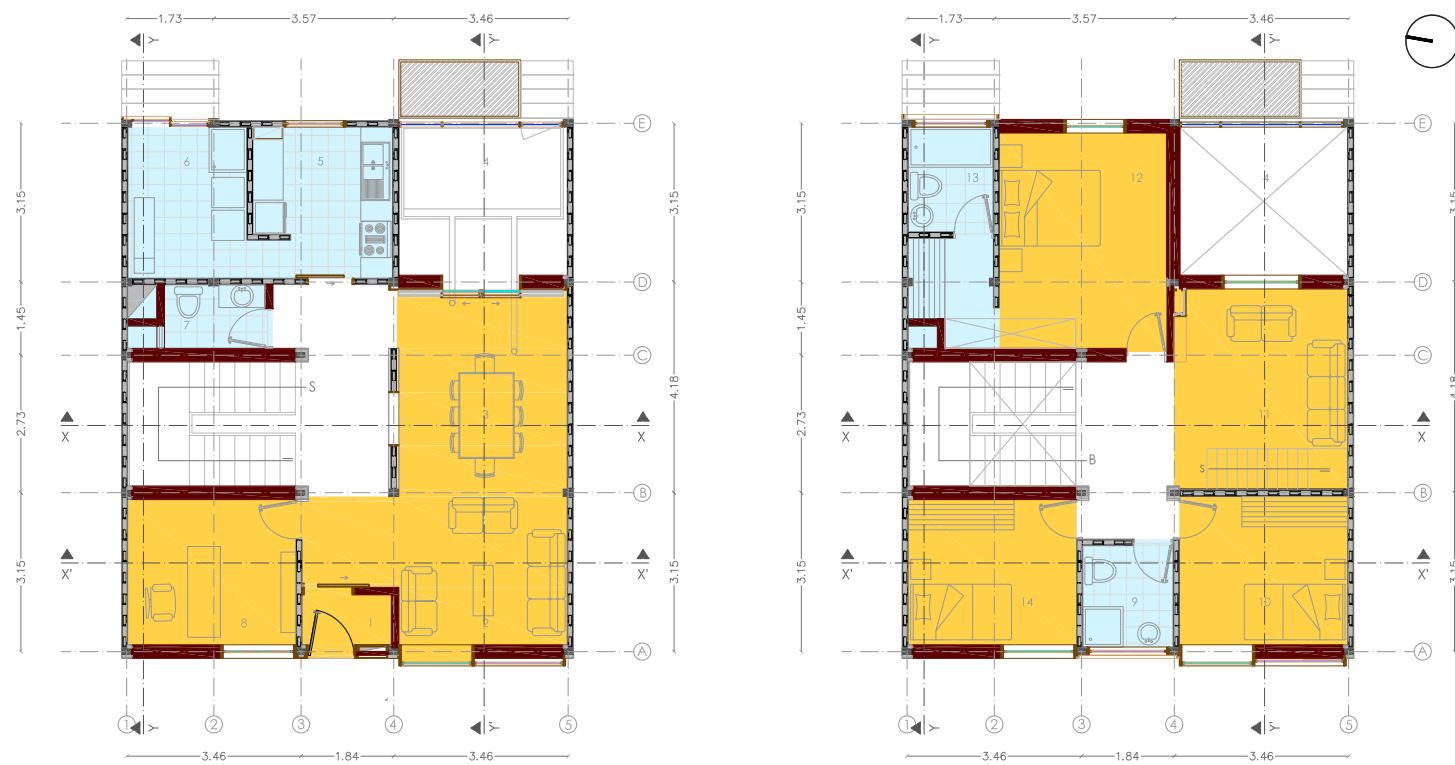
En general mayores sombras se producirán en los meses cercanos a junio, sin embargo se puede establecer que entre las 9h00 y 16h00 se contará con un adecuado soleamiento.



**Análisis de Sombras Proyectadas al Terreno Según Recorrido Diario y Anual del Sol (Punto Este y Oeste)**

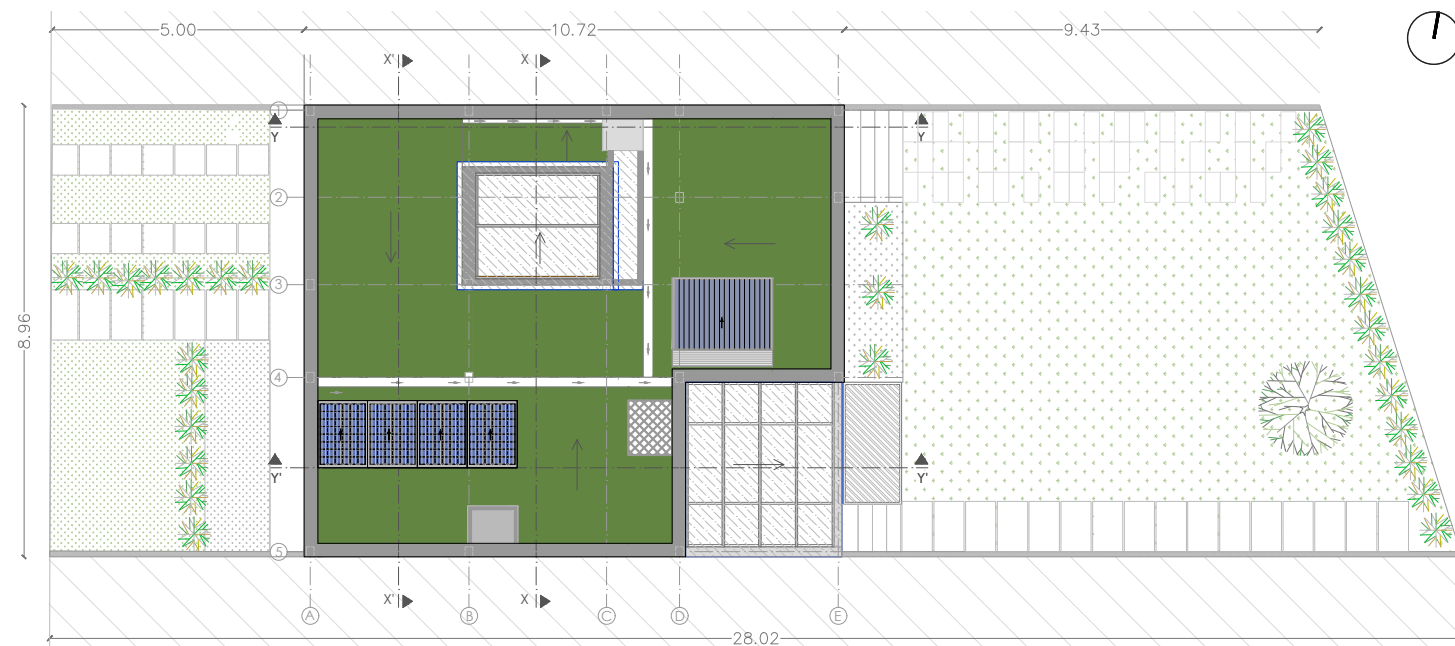






Planta Baja

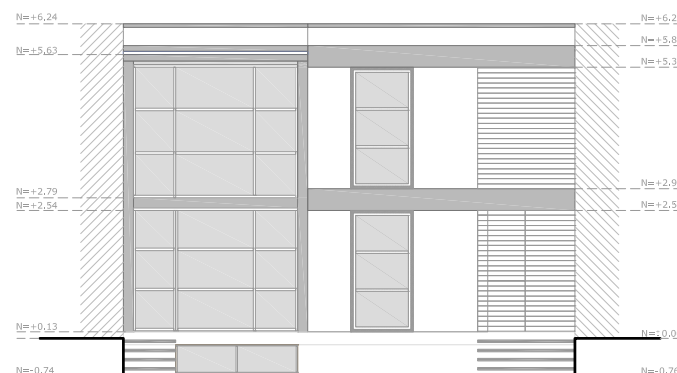
Planta Alta



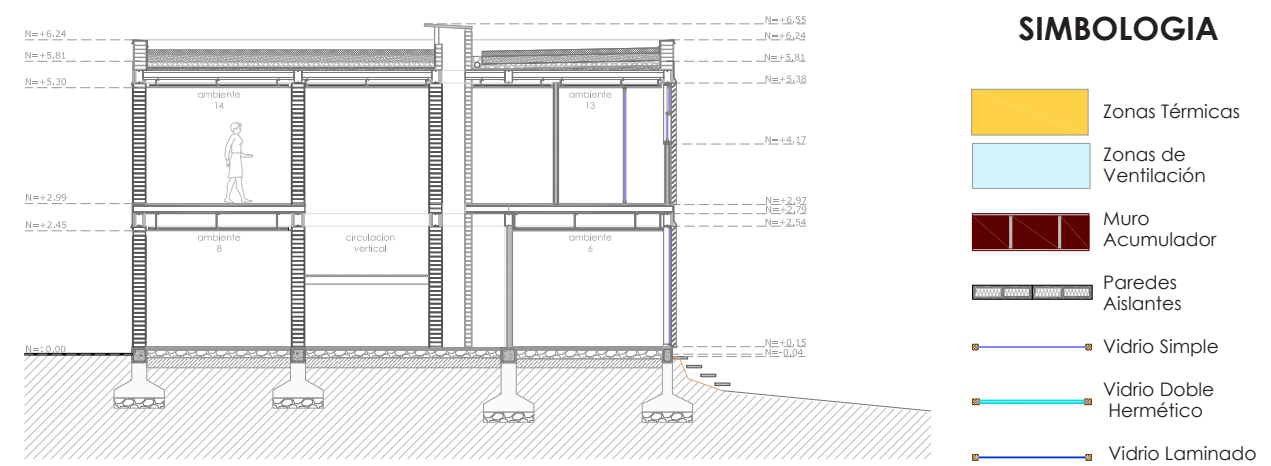
Planta de Cubiertas y Emplazamiento



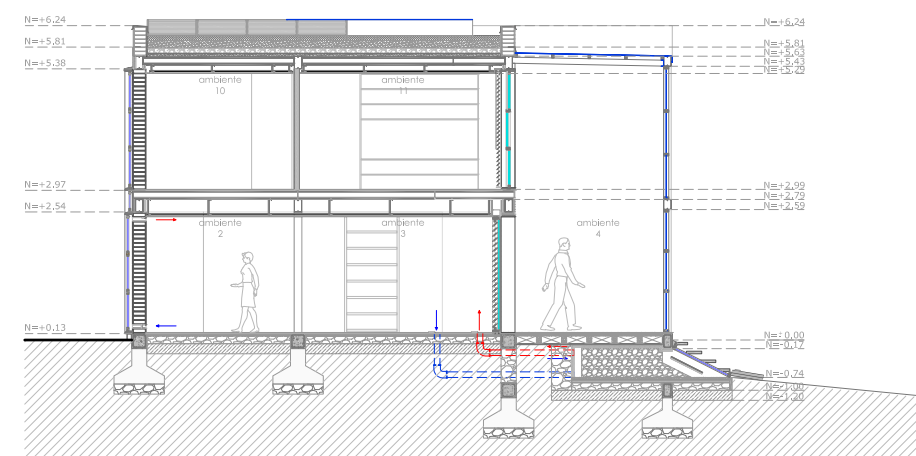
Elevación Frontal (Oeste)



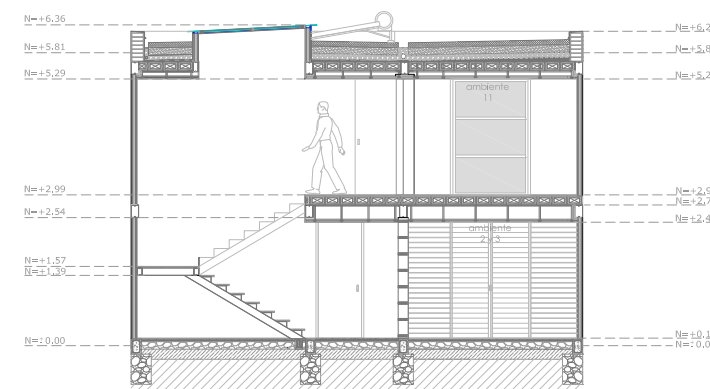
Elevación Posterior (Este)



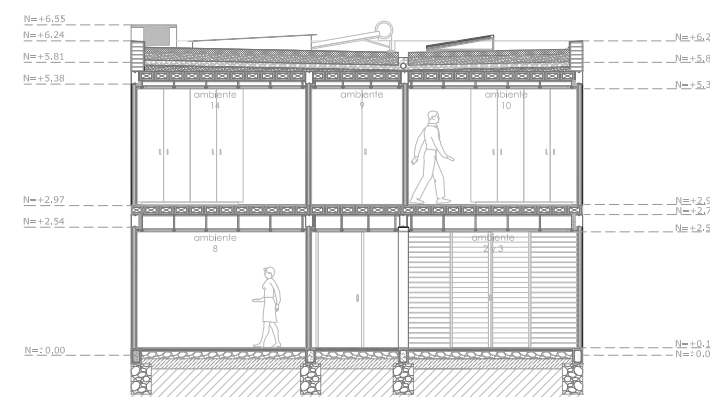
Corte Y-Y



Corte Y'-Y'



Corte X-X



Corte X'-X'

## SIMBOLOGIA



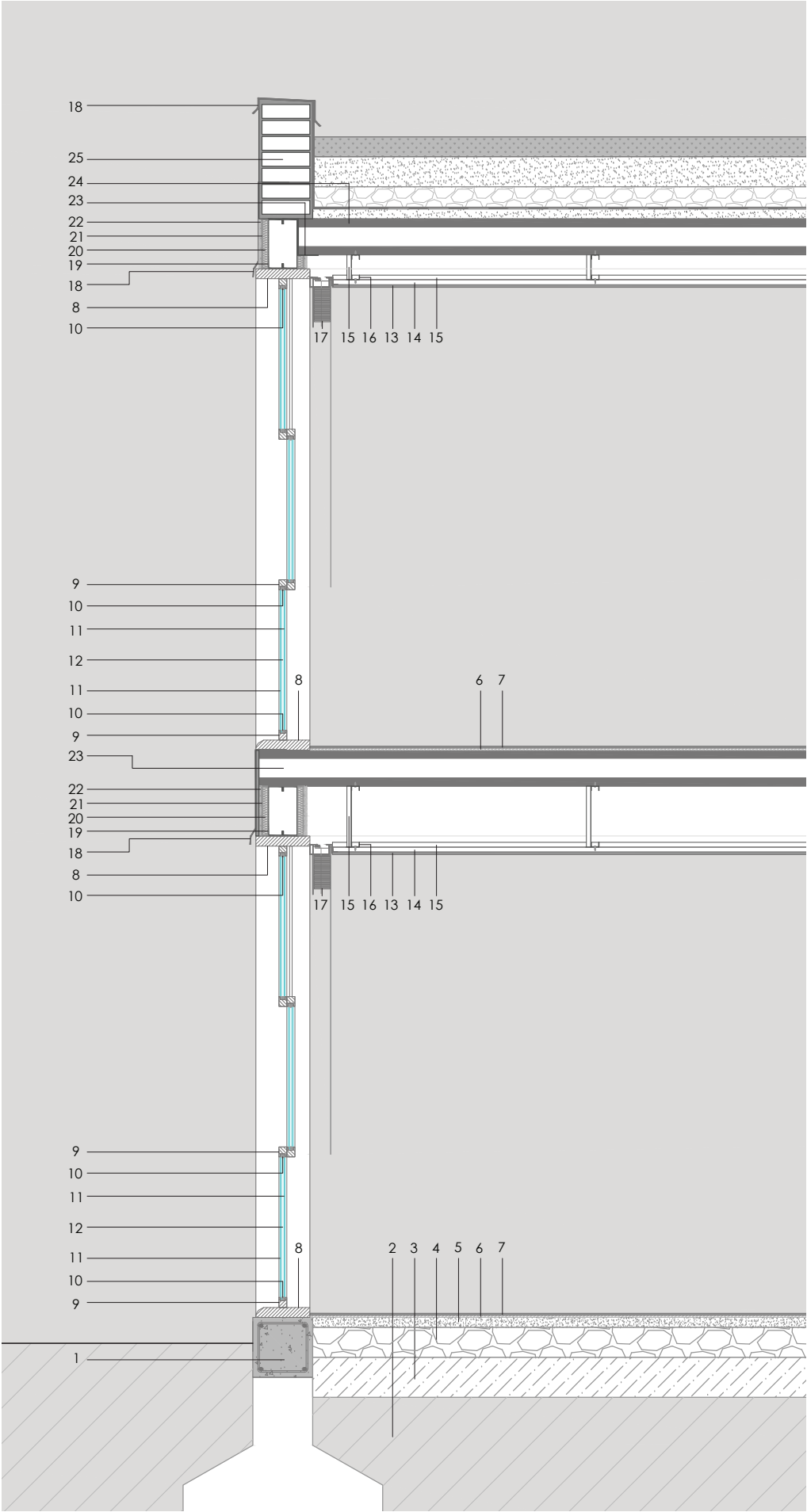
## AMBIENTES

- 1.- Ingreso
- 2.- Sala
- 3.- Comedor
- 4.- Invernadero
- 5.- Cocina
- 6.- Lavandería
- 7.- Baño Social
- 8.- Estudio
- 9.- Baño
- 10.- Dormitorio 2
- 11.- Estar
- 12.- Dormitorio 1 (Master)
- 13.- Baño 2
- 14.- Dormitorio 3

## Propuesta de Vivienda Bioclimática

La vivienda unifamiliar está planteada para una familia de cuatro miembros, dato tomado del INEC para la composición familiar de la provincia del Azuay. En el programa arquitectónico se puede encontrar los siguientes espacios: Zona Social (Sala, comedor, estar), Zona de Descanso (Dormitorio de padres, dos dormitorios de hijos), Zona de Servicios (Cocina, lavandería, baño social, baño de padres, baño de hijos) y Zona de Trabajo (Estudio). Se ha optado por una forma compacta de la edificación evitando elementos que provoquen sombras en las fachadas expuestas al sol. La distribución de los espacios al interior están en función de su horario de utilización para el adecuado aprovechamiento de iluminación natural y captación solar. Además se ha clasificado a los espacios según sus necesidades tanto térmicas como de ventilación, para identificar los espacios que deberán aislarse. Por otra parte se utilizarán los dos sistemas de diseño solar, siendo estos el pasivo y activo. Sin embargo se dará prioridad al primer sistema utilizando el segundo únicamente como complemento. En ambos casos se deberá mantener la estructura bioclimática siendo esta: captación de energía, acumulación y distribución.

VENTANAS



Sección Constructiva

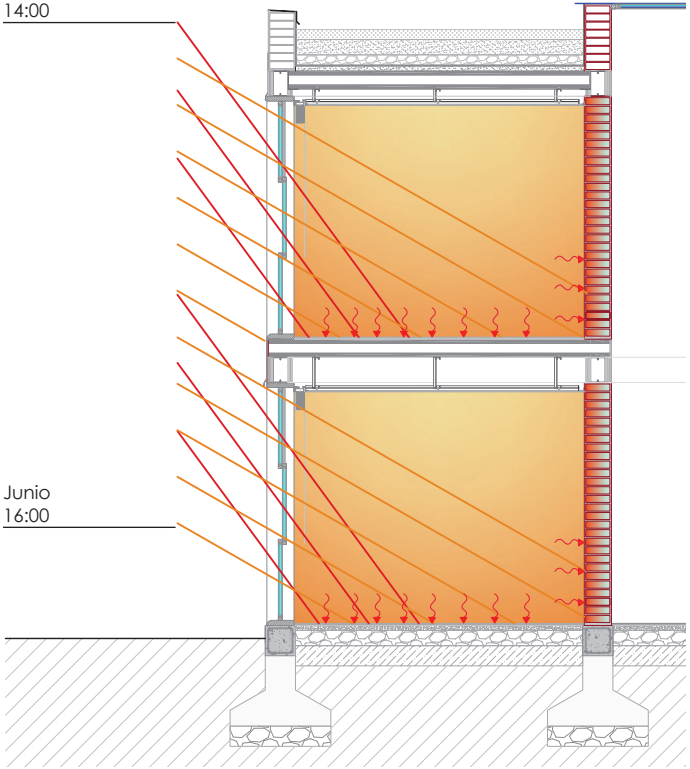
Escala: 1\_30

Lista de Materiales

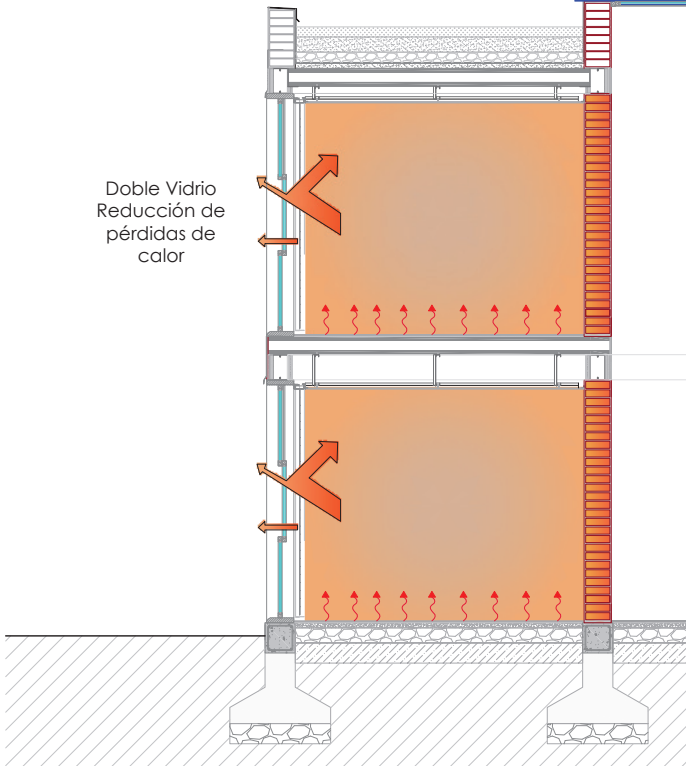
- 1 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 2 Suelo natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=1,5 cm)
- 5 Malla electrosoldada R-84
- 6 Esponja Aluminizada
- 7 Piso flotante
- 8 Tablón de madera Teka(42 x 5 cm)
- 9 Marco de madera Teka(5 x 4 cm)
- 10 Tamiz molecular absorbente de humedad
- 11 Vidrio (e=6 mm)
- 12 Cámara de aire (e=12 mm)
- 13 Yeso Cartón (1,22x2,44 cm, e=12,5mm)
- 14 Perfil Omega
- 15 Perfil en ángulo
- 16 Canal de carga
- 17 Persianas de madera
- 18 Lámina de Zinc
- 19 Perfil metál. G (25x7,5x2,5cm , e=3mm)
- 20 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 21 Malla nervometal
- 22 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 23 Platina metálica (e=3 mm)
- 24 Bloque de H. A. poroso (30 x 18 cm)
- 25 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7 cm)



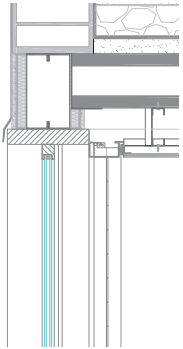
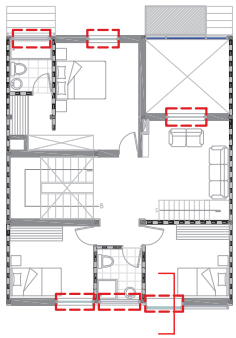
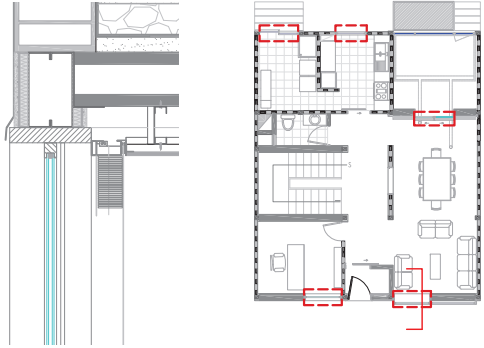
Junio  
14:00



Captación



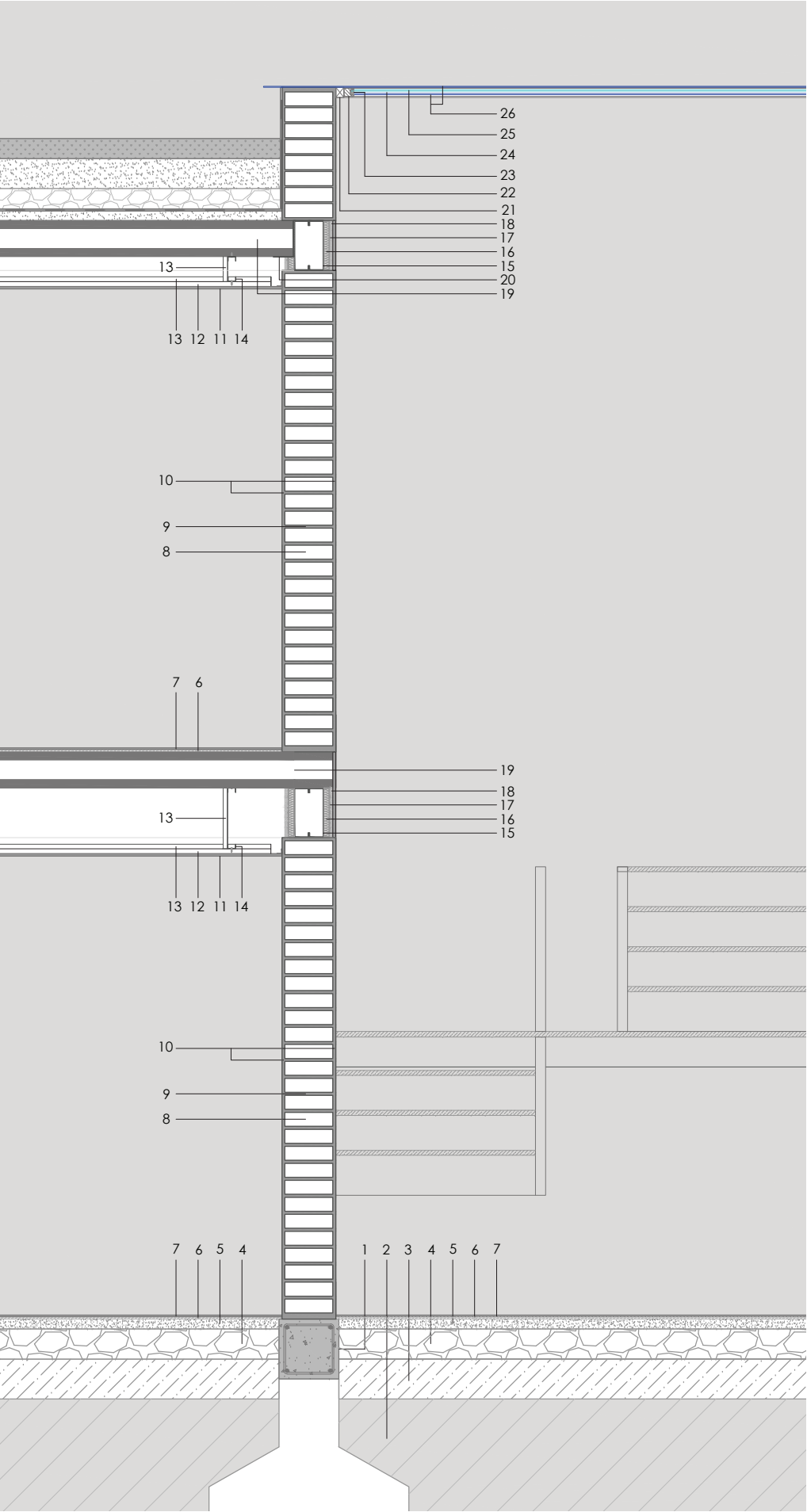
Aislamiento



Las ganancias directas a través de las ventanas se almacenarán en los diferentes materiales utilizados en el interior como en el piso de madera y en las paredes de inercia térmica. Minimizando así la variación de temperatura entre el día y la noche.

Debido a que los requerimientos de superficie vidriada para calentar un espacio es menor que el requerido para iluminar, su dimensionamiento dependerá de este último.

Si bien las ventanas son elementos que permiten ganancias térmicas, también son las causantes de las pérdidas de energía, por lo que según el espacio y la actividad se ha buscado mejorar su eficiencia mediante el uso de doble vidrio en las zonas de descanso y sociales. Mientras que en las zonas de servicio por su uso nulo en horas de la noche se ha planteado vidrios simples.

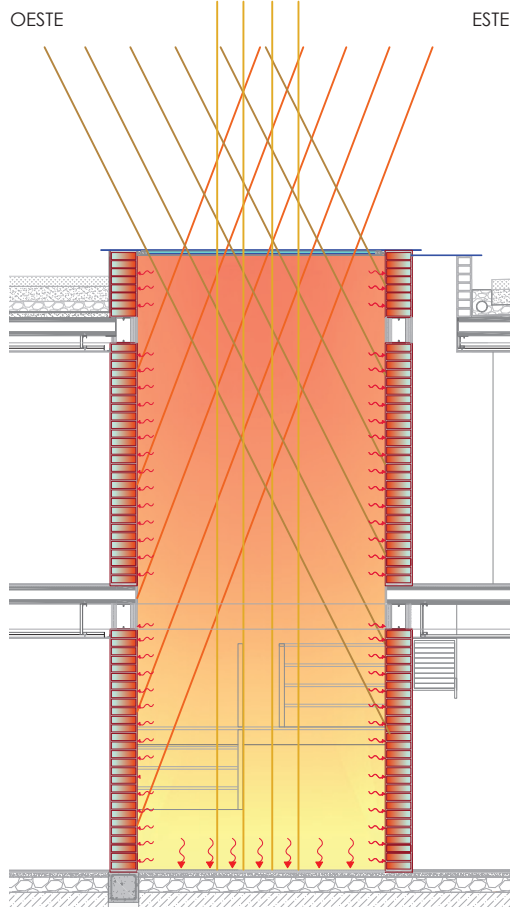


Sección Constructiva

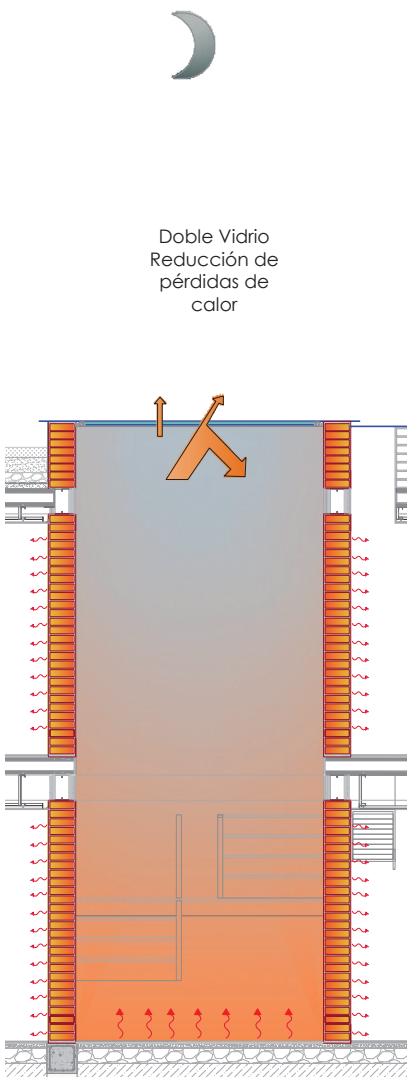
Escala: 1\_30

Lista de Materiales

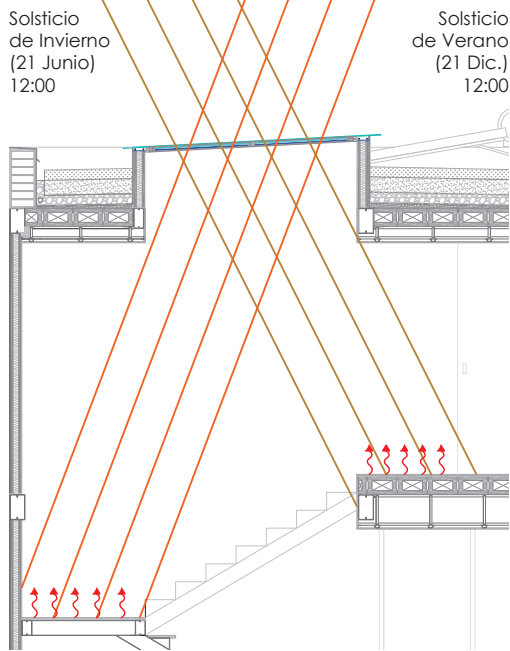
- 1 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 2 Suelo natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15 cm)
- 5 Malla electrosoldada R-84
- 6 Esponja Aluminizada
- 7 Piso flotante
- 8 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)
- 9 Tendel (mortero 1:4 e=1 cm )
- 10 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 11 Yeso Cartón (1,22 x 2,44, e=12,5 mm)
- 12 Perfil Omega
- 13 Perfil en ángulo
- 14 Canal de carga
- 15 Perfil metál. G (25x7,5x2,5cm , e=3mm)
- 16 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 17 Malla nervometal
- 18 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 19 Bloque de H.A. poroso (30 x 18 cm)
- 20 Platina metálica (e=3 mm)
- 21 Tira de madera (4 x 5 cm)
- 22 Marco de madera Teka (4 x 5 cm)
- 23 Tamiz molecular absorbente de humedad
- 24 Cámara de aire (e=12 mm)
- 25 Vidrio (e=6 mm)
- 26 Vidrio laminado(e=6 mm)



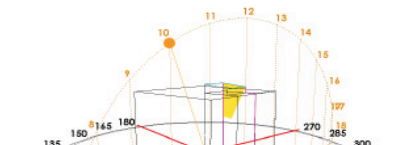
Captación - Acumulación



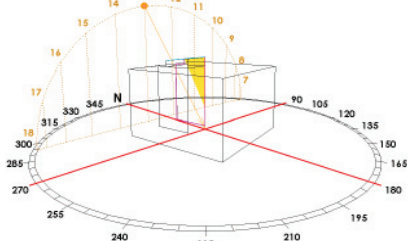
Distribución - Aislamiento



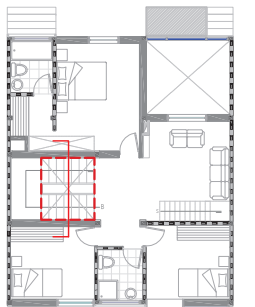
Incidencia solar en los dos solsticios



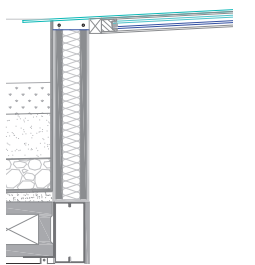
Incidencia solar en la mañana



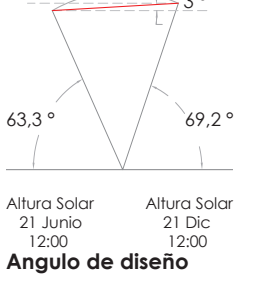
Incidencia solar en la tarde



Doble Vidrio  
Reducción de  
pérdidas de  
calor



Aislamiento en vidrios

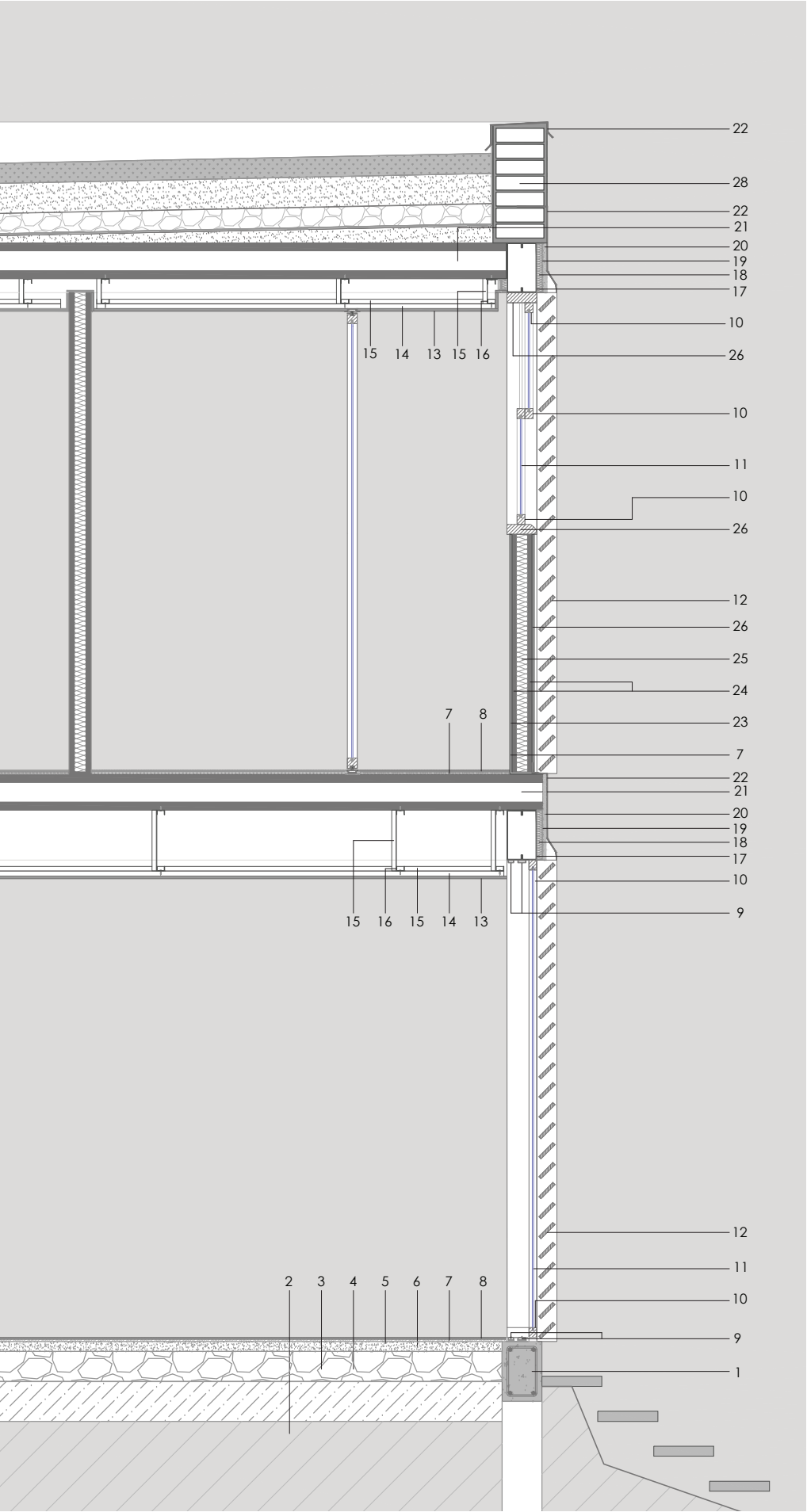


Angulo de diseño

Se ha considerado pertinente un regulador de temperaturas en la parte central de la vivienda, para lo cual se ha colocado una claraboya en la caja de gradas, la misma que se encuentra diseñado con un ángulo perteneciente a la latitud de la ciudad para la mayor capacidad de radiación solar durante el día, el exceso de energía se acumulará en muros de alta inercia térmica, en las gradas y piso de madera; y se evitará las pérdidas de esta durante las noches con el uso de doble vidrio más una cubierta de vidrio simple que evitará la acumulación de agua lluvia. Las superficies captadoras presentan tonos oscuros para disminuir las pérdidas de radiación por reflexión, por otra parte la energía acumulada será cedida durante la noche.



PERSIANAS EXTERNAS PARA CONTROL SOLAR

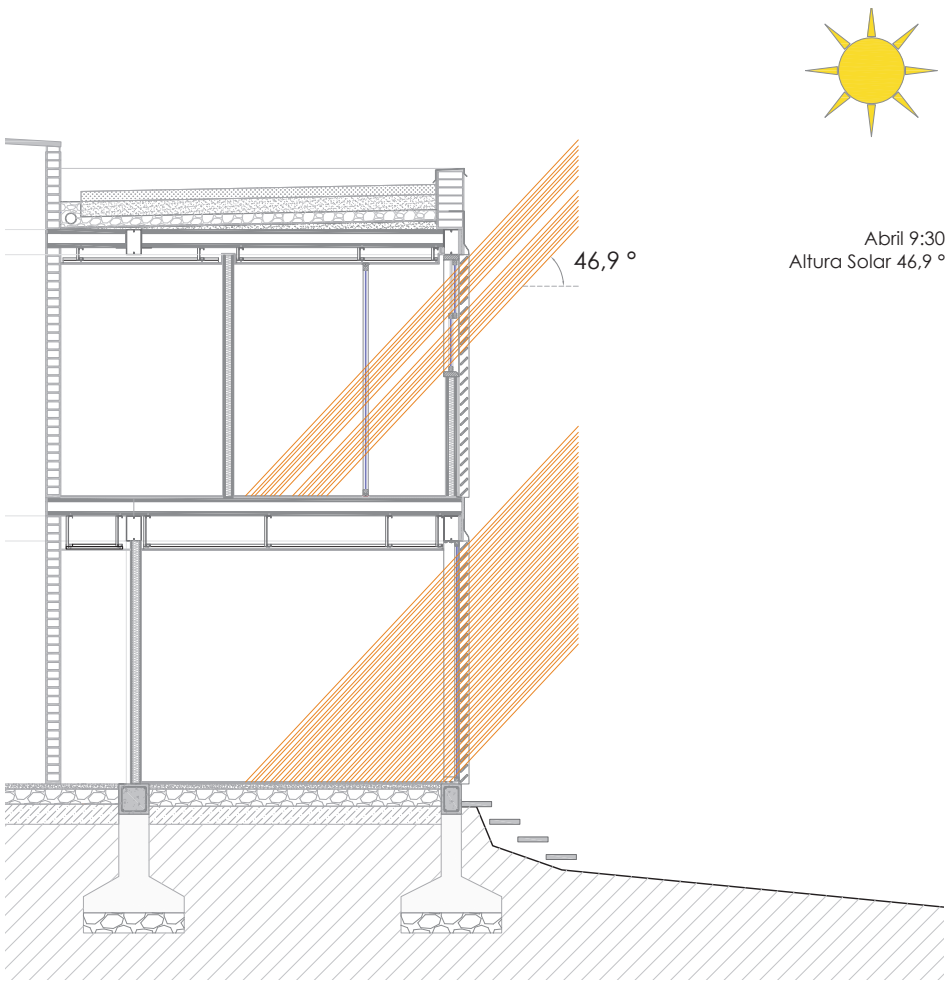


Sección Constructiva

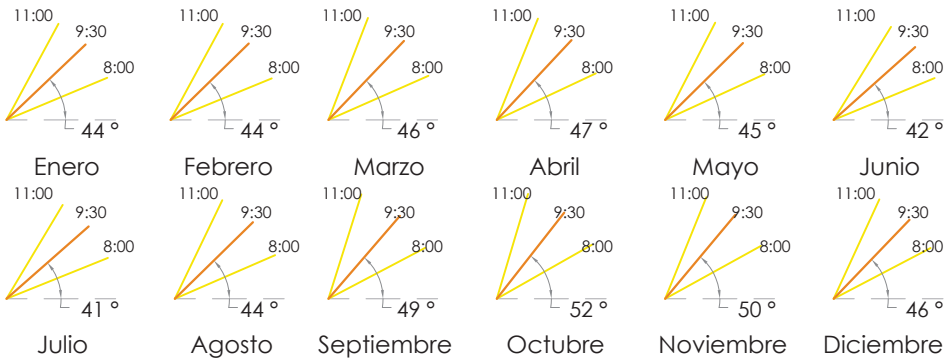
Escala: 1\_30

Lista de Materiales

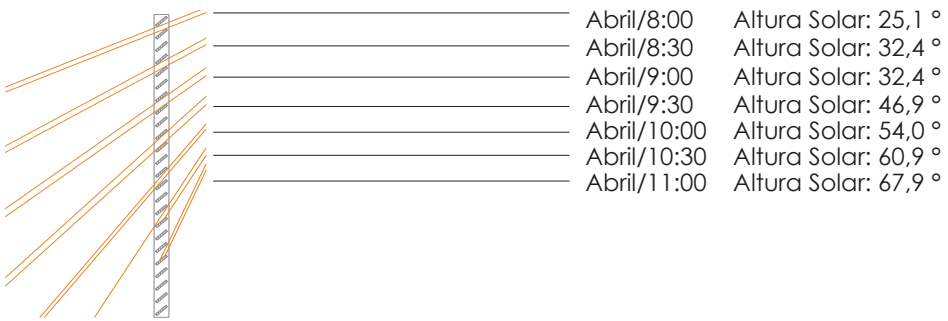
- 1 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 2 Suelo Natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=1.5 cm)
- 5 Losa de Hormigón (e=5 cm)
- 6 Malla electrosoldada R-84
- 7 Pegamento porcelanato
- 8 Porcelanato de piso (40 x 40, e=4 mm)
- 9 Riel de Aluminio
- 10 Marco de madera Teka (5 x 4 cm)
- 11 Vidrio (e=6 mm)
- 12 Lama de madera Teka (10 x 1,5 cm)
- 13 Yeso Cartón (1,22 x 2,44, e=12,5 mm)
- 14 Perfil Omega
- 15 Perfil en ángulo
- 16 Canal de carga
- 17 Perfil metál. G (25x7,5x2,5cm , e=3mm)
- 18 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 19 Malla nervometal
- 20 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 21 Bloque de H. A. poroso (30 x 18 cm)
- 22 Lámina de Zinc
- 23 Porcelanato de pared (40x40, e=4mm)
- 24 Bloque Hormigón poroso (42,5 x10cm)
- 25 Poliestireno expandido (e=6 cm)
- 26 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 27 Tablón de madera Teka (15 x 5 cm)
- 28 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)



Angulo de diseño para control solar en persianas



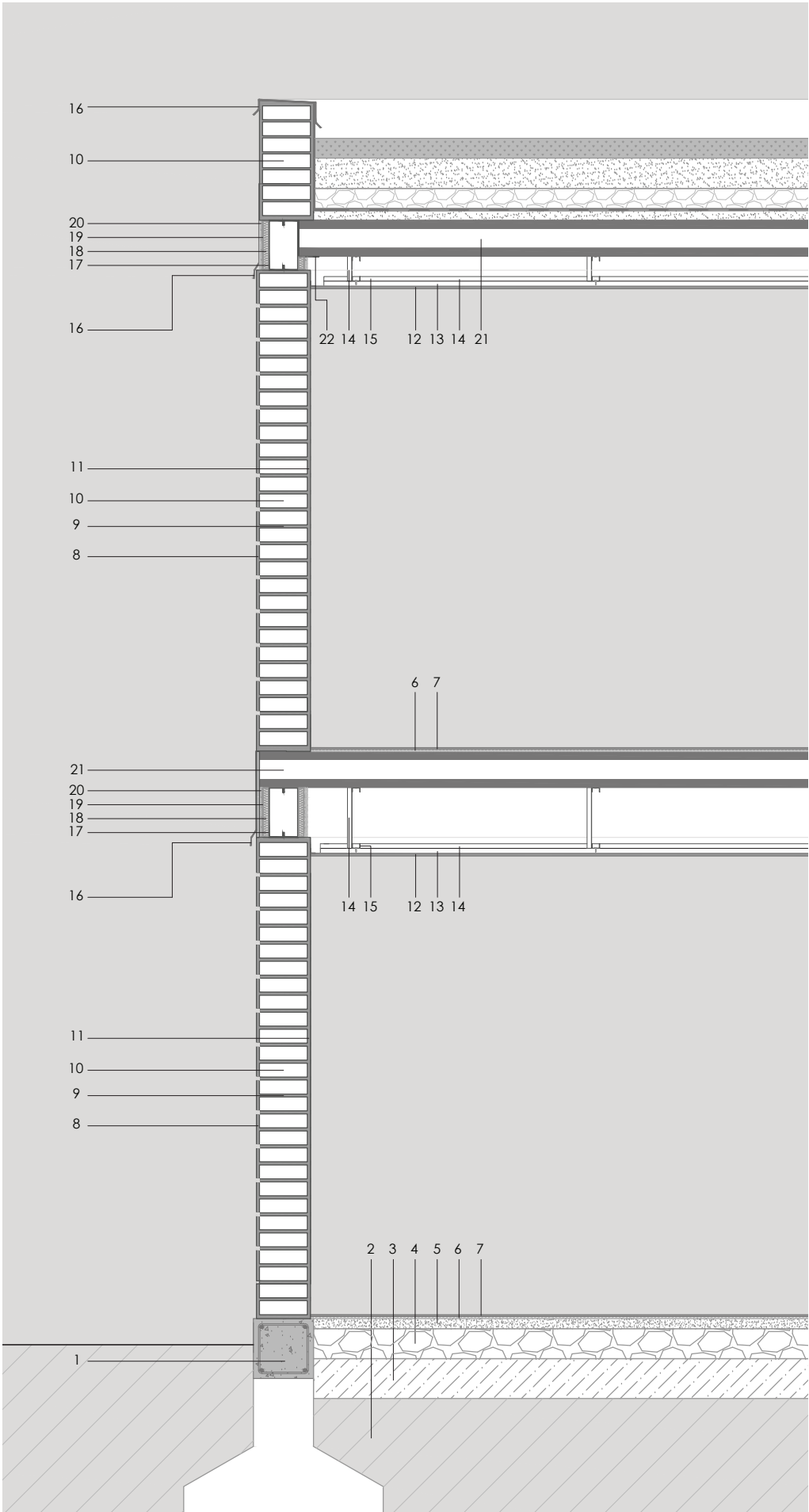
Altura solar por meses durante las mañanas



Altura solar en el mes de mayor humedad

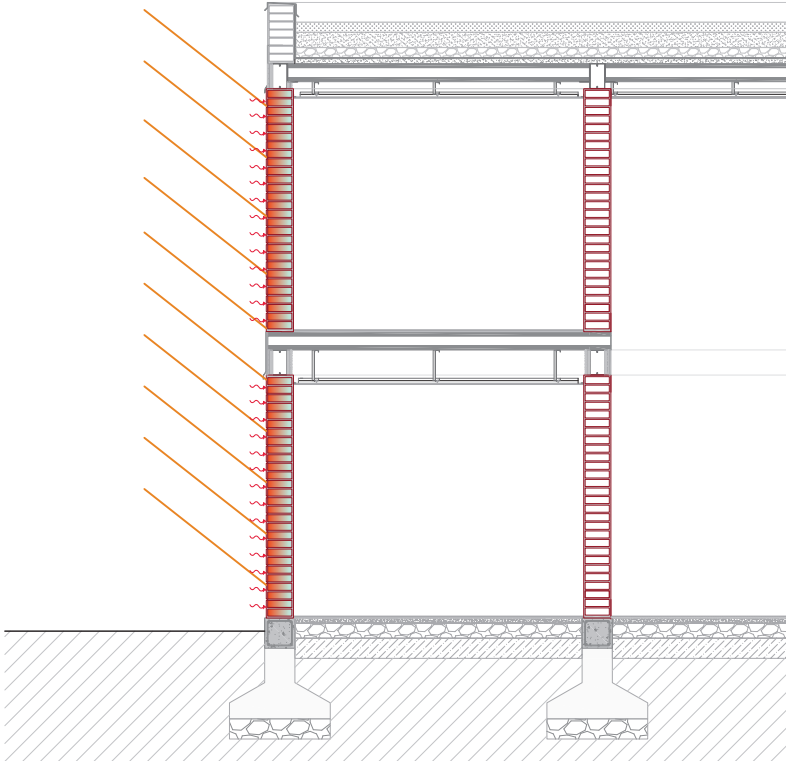
Muchas de las actividades que se realizan al interior de un edificio en la práctica generan humedad, lo cual puede aumentar la capacidad de conducción de los materiales. Para evitar esto se debe aumentar la temperatura, siendo indispensable el ingreso de sol, de manera que en los baños que dan a las fachadas y la lavandería presentan unas lamas fijas de madera inclinadas hacia adentro, con un ángulo (45°) que permita el ingreso de radiación solar en todos los meses generando privacidad en los espacios y permitiendo la iluminación natural.

CERRAMIENTOS DE ALTA INERCIA TÉRMICA

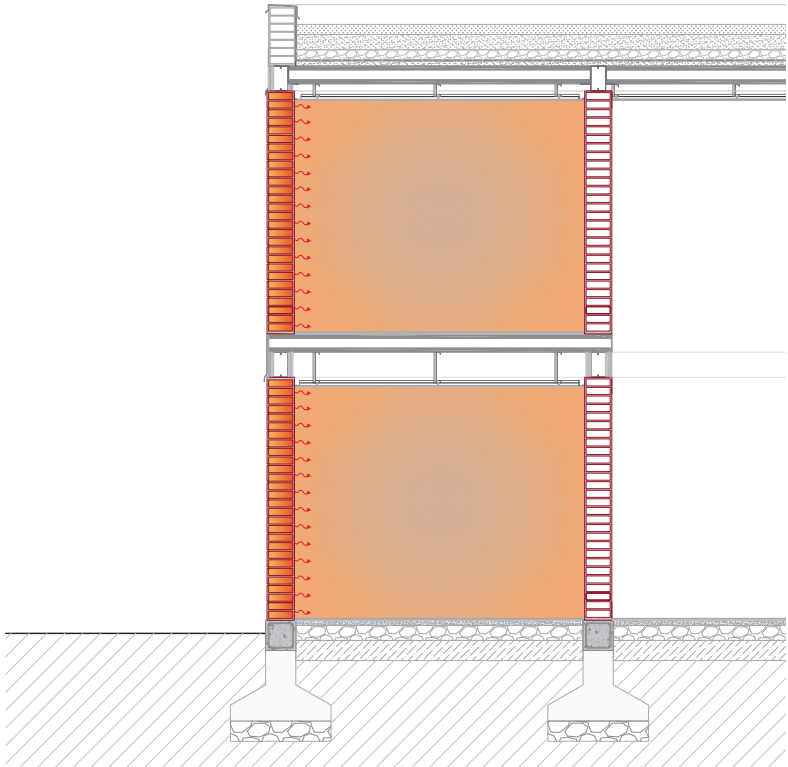


Lista de Materiales

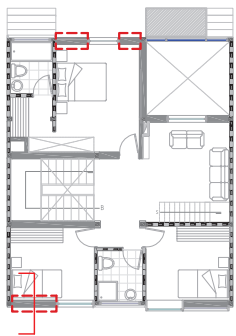
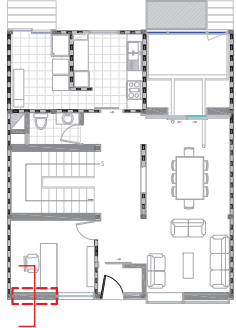
- 1 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 2 Suelo natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15 cm)
- 5 Malla electrosoldada R-84
- 6 Esponja Aluminizada
- 7 Piso flotante
- 8 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 9 Tendel (mortero 1:4 e=1 cm )
- 10 Ladrillo artesanal macizo(24x39x7 cm)
- 11 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 12 Yeso Cartón (1,22 x 2,44, e=12,5 mm)
- 13 Perfil Omega
- 14 Perfil en ángulo
- 15 Canal de carga
- 16 Lámina de Zinc
- 17 Perfil metal. G (25x7,5x2,5 cm , e=3mm)
- 18 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 19 Malla nervometal
- 20 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 21 Bloque de H. A. poroso (30 x 18 cm)
- 22 Platina metálica (e=3 mm)



Captación - Acumulación



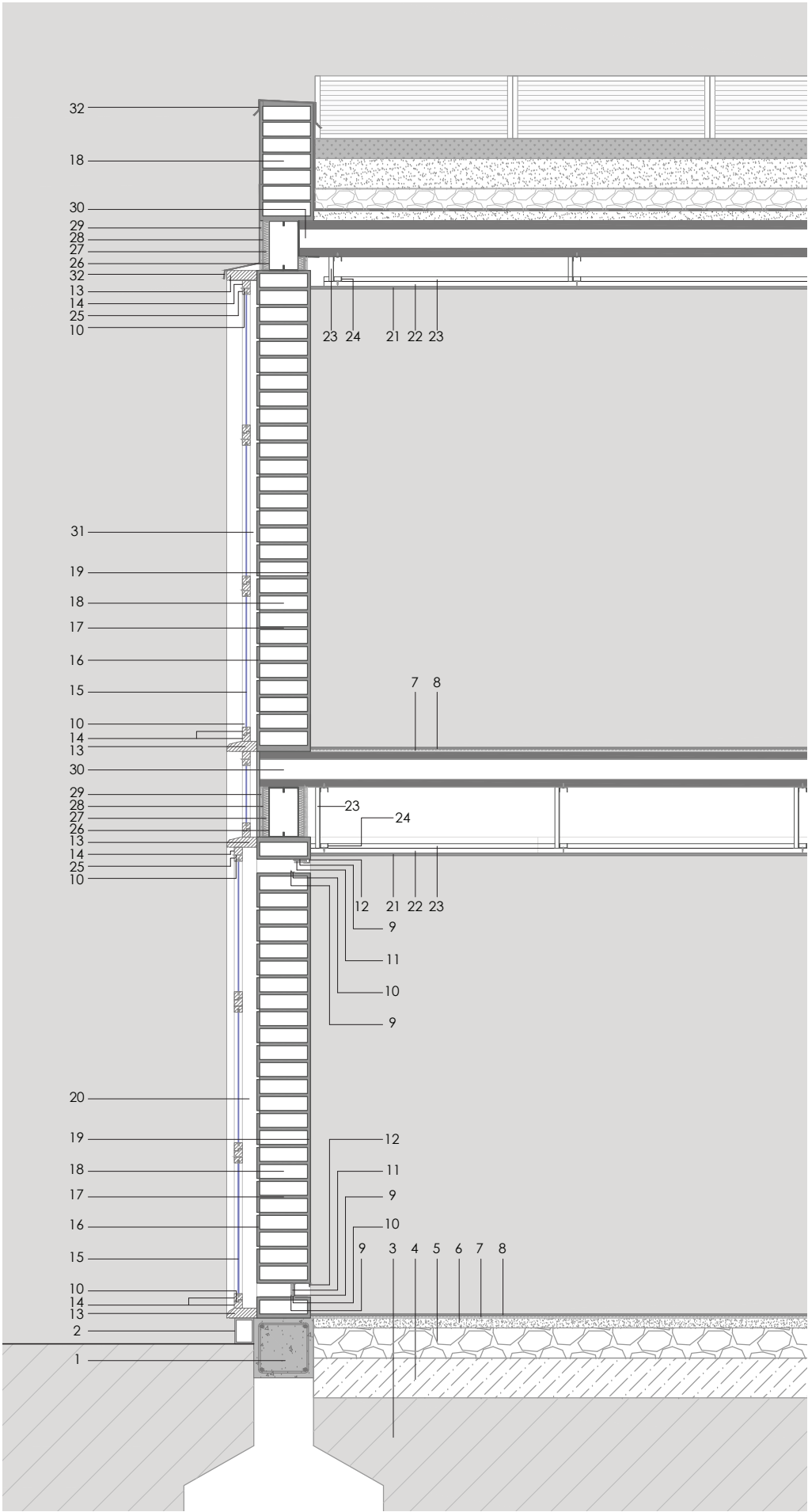
Distribución



Considerando que la inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, se ha planteado el uso del ladrillo macizo, que cumple con esta condición.

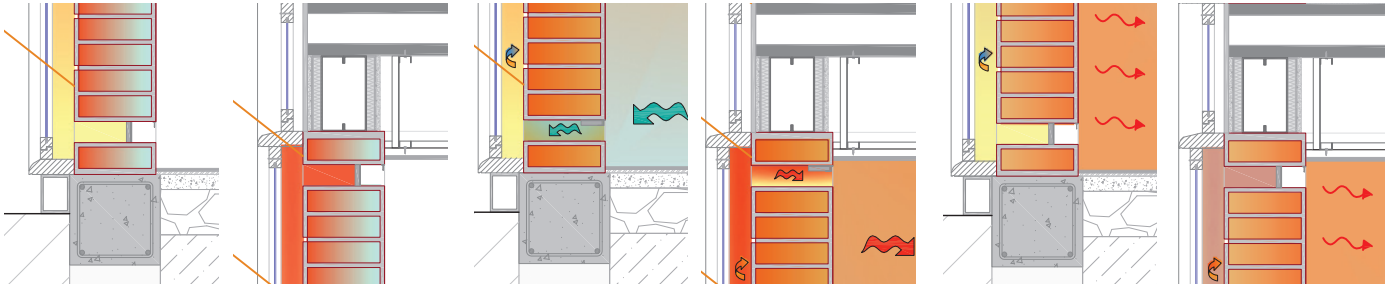
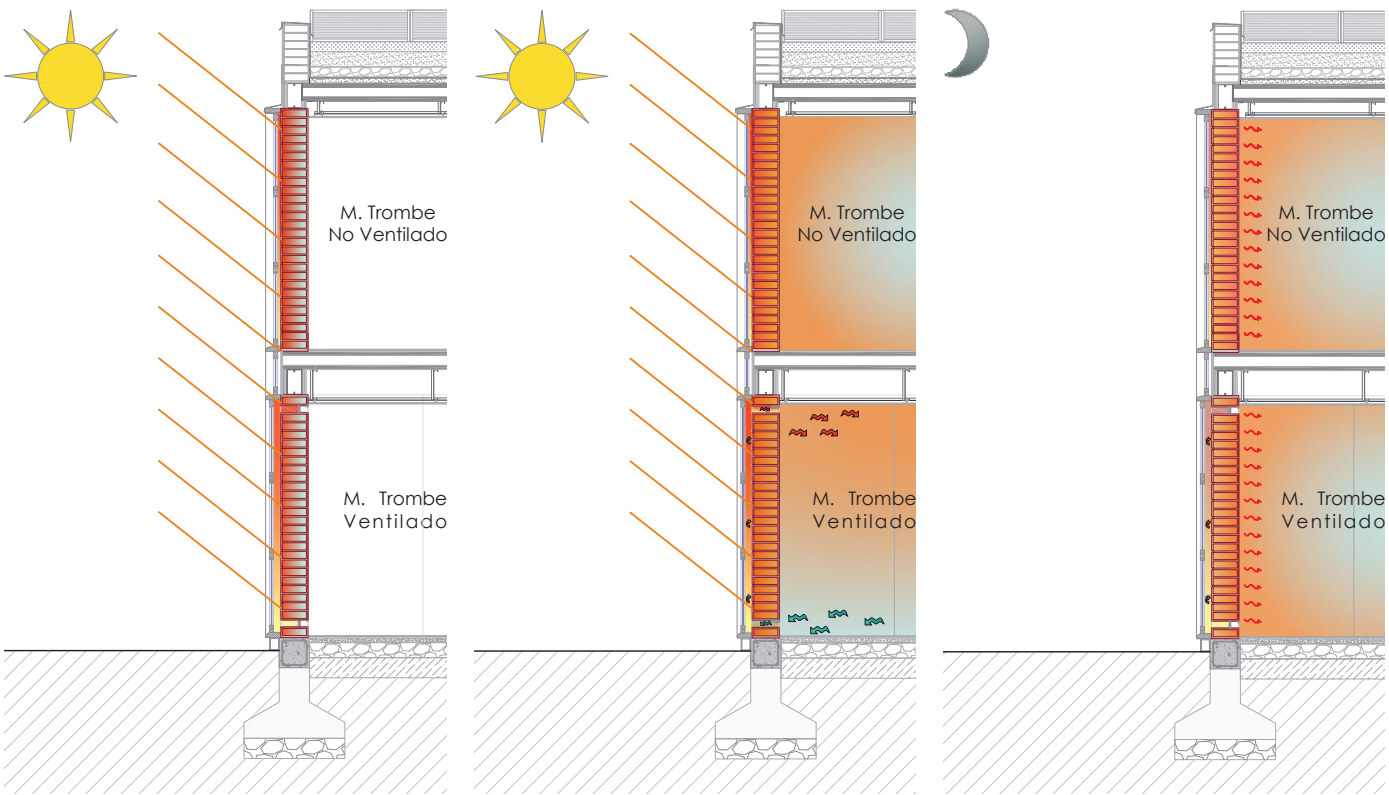
El espesor del muro esta en base a la latitud de la ciudad (24 cm), lo cual permitirá obtener un desfase térmico entre 6 a 8 horas. Su uso en la vivienda predomina en el eje X, para el aprovechamiento del sol.

MURO TROMBE



Sección Constructiva

Escala: 1\_30



Captación - Acumulación

Distribución

Distribución - Aislamiento

Lista de Materiales

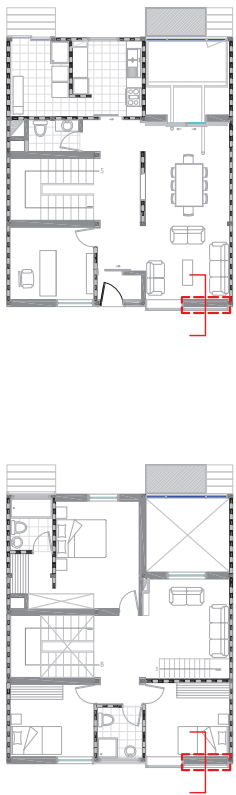
- 1 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 2 Perfil metálico
- 3 Suelo natural
- 4 Mat. de mejoramiento compactado
- 5 Replanteo de piedra (e=15 cm)
- 6 Malla electrosoldada R-84
- 7 Esponja Aluminizada
- 8 Piso flotante
- 9 Platina metálica (e=2 mm)
- 10 Masilla elástica
- 11 Poliestireno expandido (e=1,5 cm)
- 12 Gancho metálico
- 13 Tablón de madera Teka(15 x 5 cm)
- 14 Marco de madera Teka (4 x 4 cm)
- 15 Vidrio simple (e=4 mm)
- 16 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 17 Tendel (mortero 1:4 e=1 cm )
- 18 Ladrillo artesanal macizo(24x39x7cm)
- 19 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 20 Cámara de aire (e=9 cm)
- 21 Yeso Cartón (1,22 x 2,44, e=12,5 mm)
- 22 Perfil Omega
- 23 Perfil en ángulo
- 24 Canal de carga
- 25 Marco de madera Teka (4 x 3 cm)
- 26 Perfil metal. G (25x7,5x2,5cm,e=3mm)
- 27 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 28 Malla nervometal
- 29 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 30 Bloque de H. A. poroso (30 x 18 cm)
- 31 Cámara de aire (e=5 cm)
- 32 Lámina de Zinc

Area de la habitación (m2)	Area del muro trombe (m2) y número de orificios en la pared			
	Lugares templados	Nº de orificios	Lugares fríos	Nº de orificios
9 a 11	5	8	7	10
12 a 14	6,5	10	9	14
15 a 17	8	12	11	16
18 a 20	9,5	14	13,5	20
21 a 23	11	16	15,5	24

Este sistema está conformado por una pared de alta inercia térmica, un espacio de aire y una lámina de vidrio. La radiación solar de onda corta atraviesa el vidrio y calienta el muro, la radiación emitida por el muro de onda larga, no puede atravesar otra vez el vidrio, generando el efecto invernadero, como consecuencia el aire de la cámara se calienta. Se ha optado por este sistema en el dormitorio 2 y en la sala.

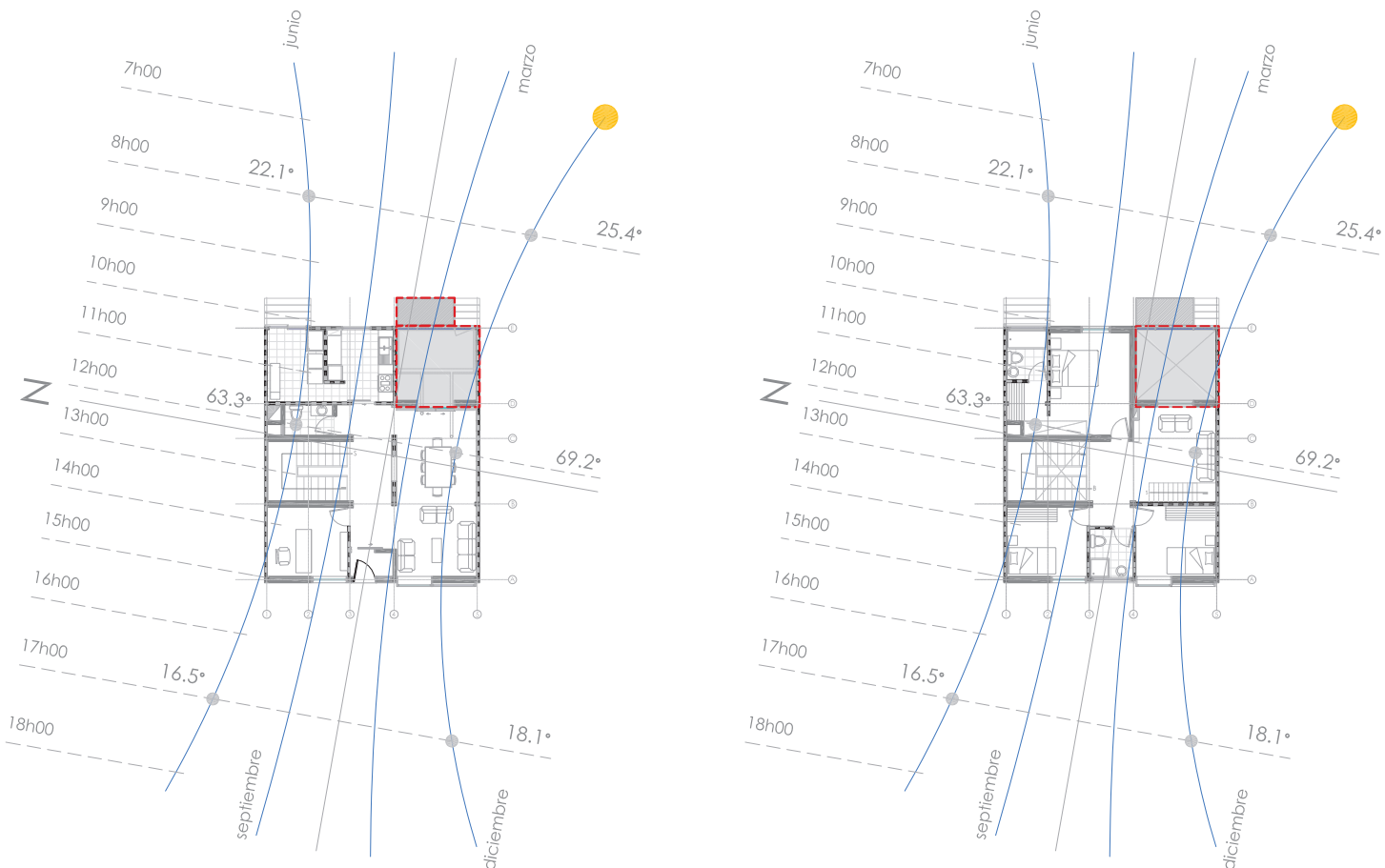
En el primer caso se trata de un muro trombe no ventilado por ser una zona de uso nocturno, de esta manera el muro podrá tener una mayor acumulación para cederla en la noche. Mientras que en el segundo caso se trata de un muro trombe ventilado por tratarse de un uso inmediato, el cual contiene una serie de orificios en la parte superior e inferior de la pared, permitiendo calentar el espacio mediante el efecto termosifón. Al ser un proceso que se invierte en las noches los orificios pueden ser cerrados.

La superficie de muro trombe que se requiere en cada espacio y el número de orificios, está en función del tipo de clima de la ciudad y el área útil del ambiente a calentar.





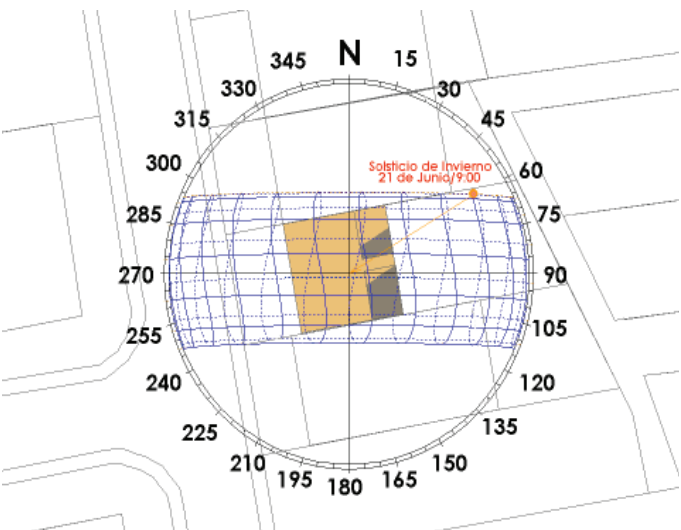
INVERNADERO ADOSADO



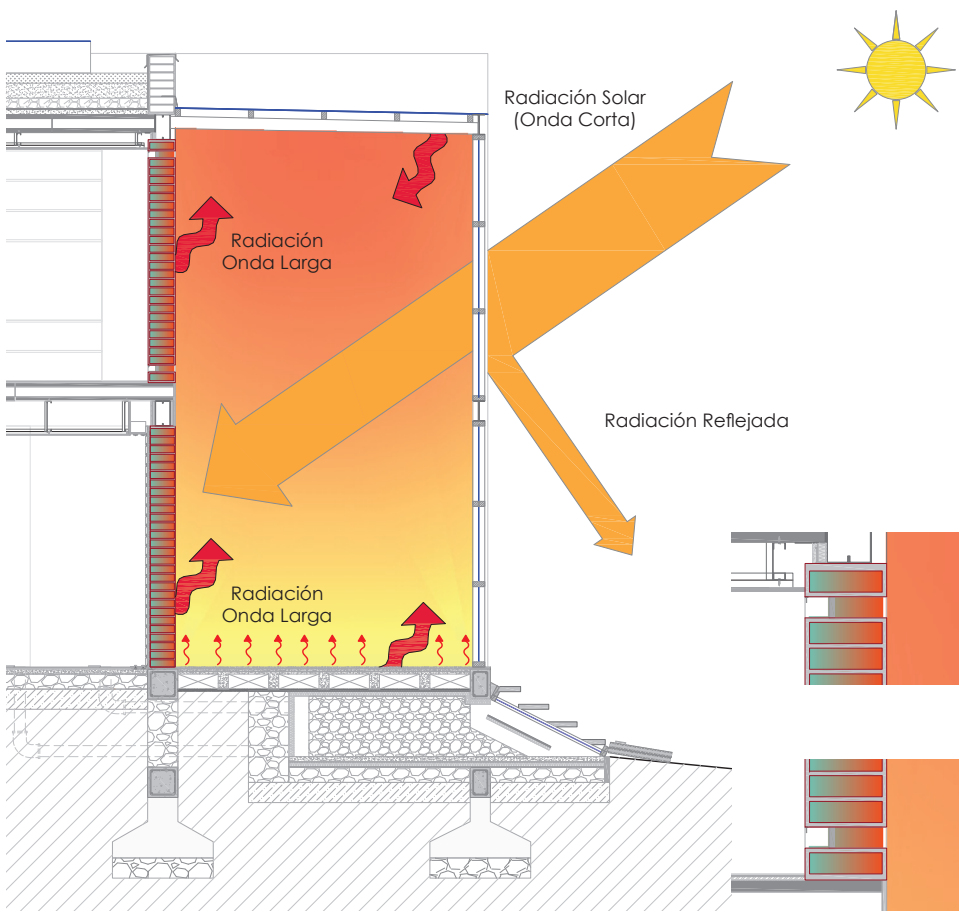
Tratecória Solar Anual y Diaria con Respecto a la Ubicación de los Sistemas de Aporte Solar Aislado

En la vivienda se plantea un invernadero adosado, orientado al Este y en la posición que permite recibir un mayor soleamiento en los meses que alcanzan menores temperaturas (Junio, Julio y Agosto). Al contar con un parte de vidrio puede darse el caso de un calentamiento excesivo, para su control las paredes y piso que conforma este espacio cuentan con inercia térmica, de manera que el calor acumulado pueda utilizarse en la vivienda durante las noches en los espacios contiguos a este, como es el caso del comedor, dormitorio 1 y estar. Este último cuenta con orificios parte superior e inferior de la pared para el calentamiento inmediato de este espacio durante el día. El comedor al contar con una puerta corrediza también puede aprovechar del aire caliente del invernadero durante el día, o permitir el ingreso directo de sol por la superficie vidriada de la puerta al abrir sus persianas. Durante las noches los orificios son cerrados al igual que las persianas.

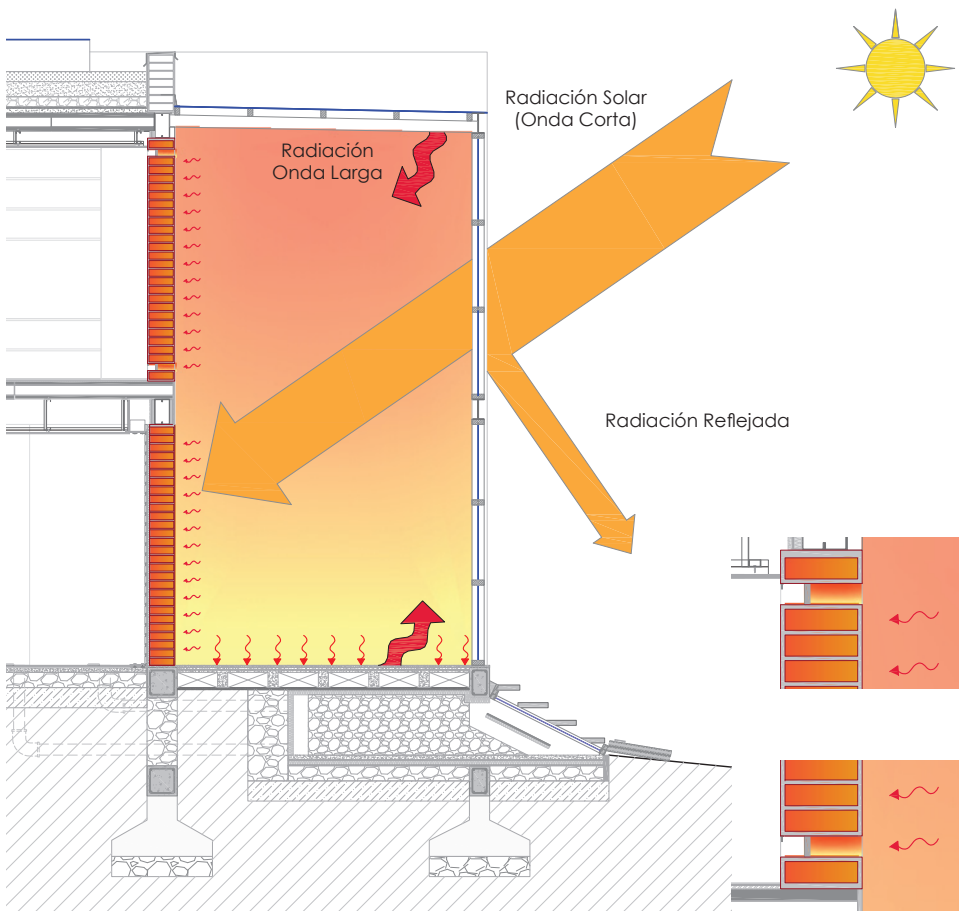
Con respecto a los metros cuadrados de vidrio necesarios para calentar el invernadero, de manera que se pueda aprovechar de este en los 3 ambientes adyacentes antes mencionados, se ha utilizado un factor recomendado según el tipo de clima y el área útil de los espacios que se beneficiaran del invernadero.



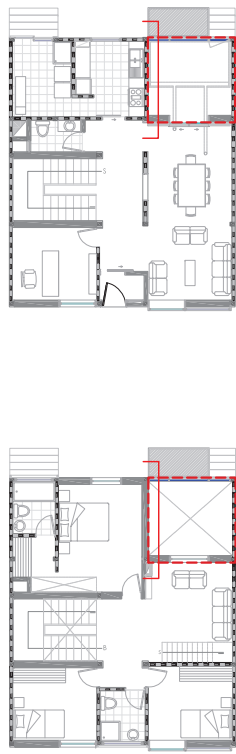
Incidencia Solar - Solsticio de Invierno (21 Junio)



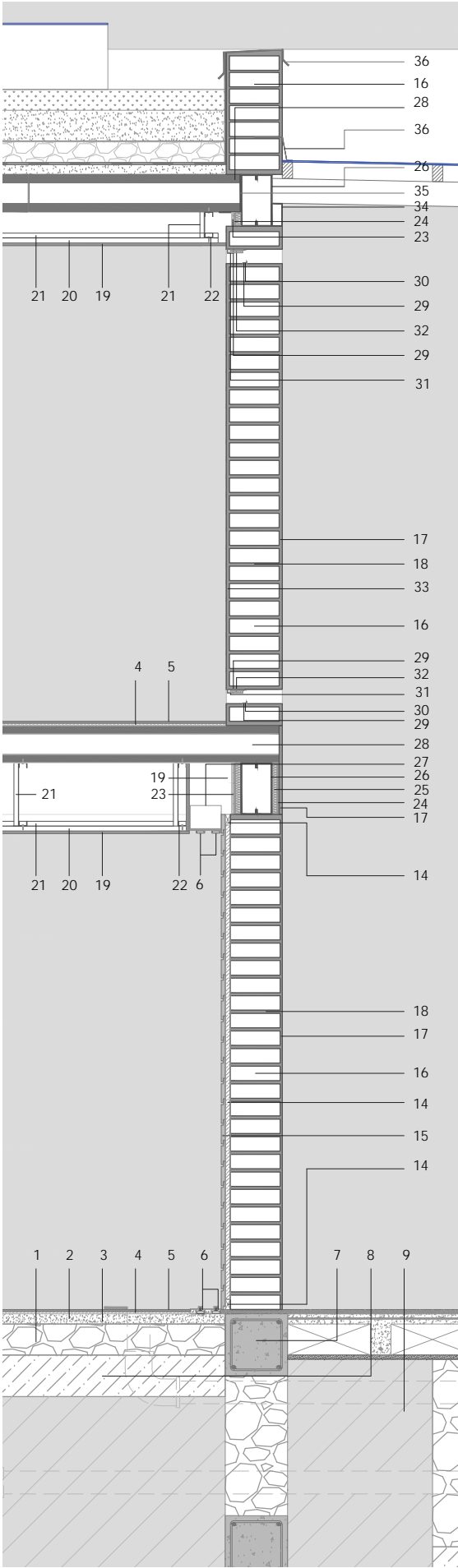
Captación



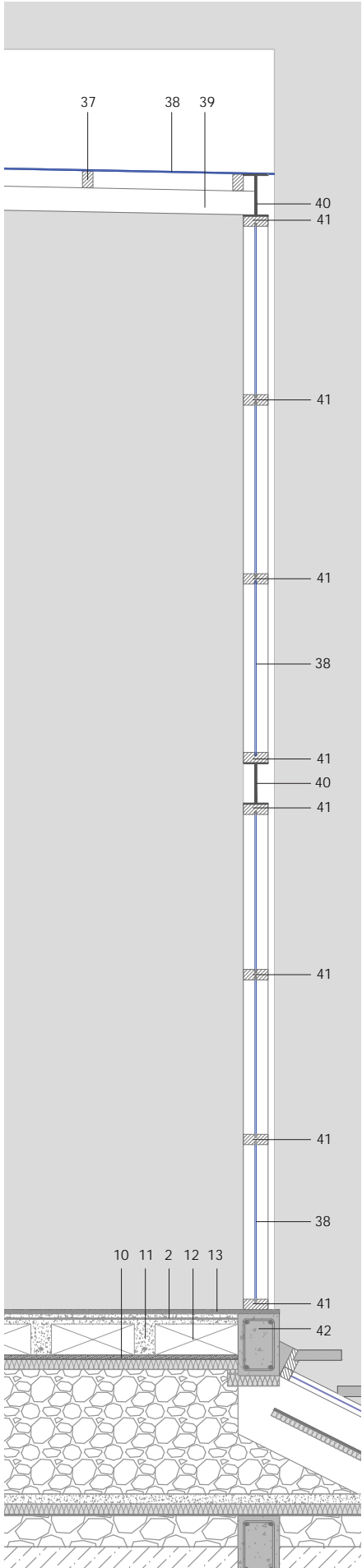
Acumulación



INVERNADERO ADOSADO



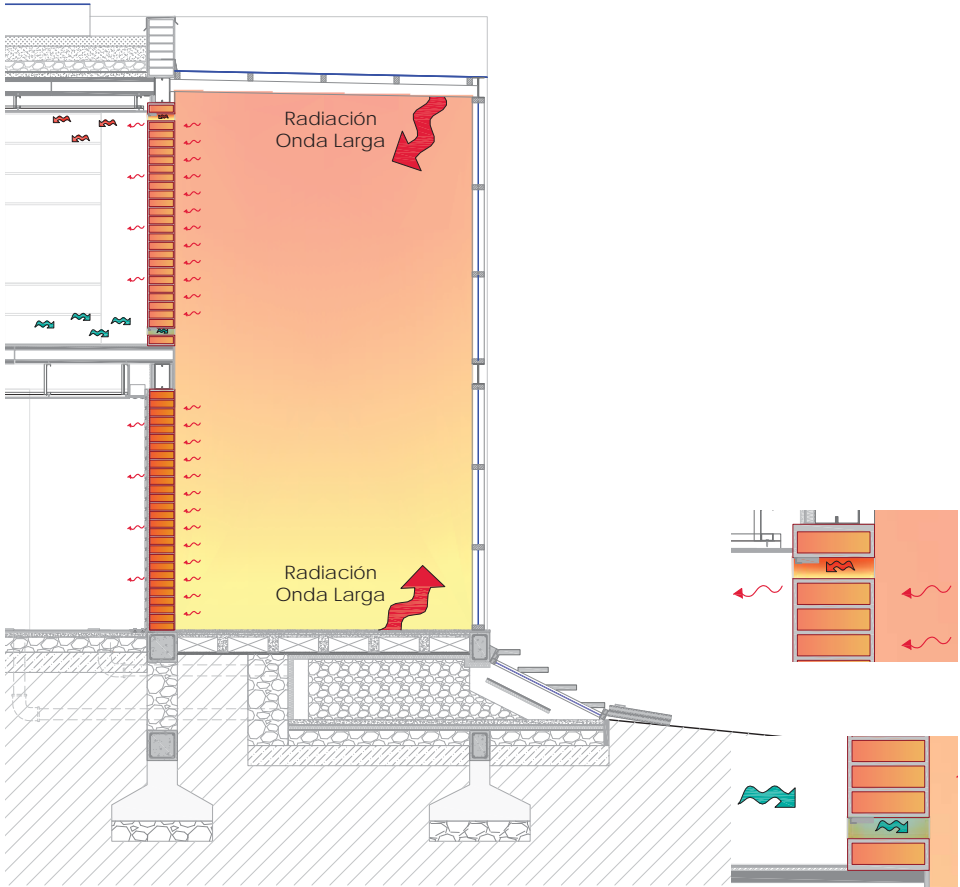
Sección Constructiva



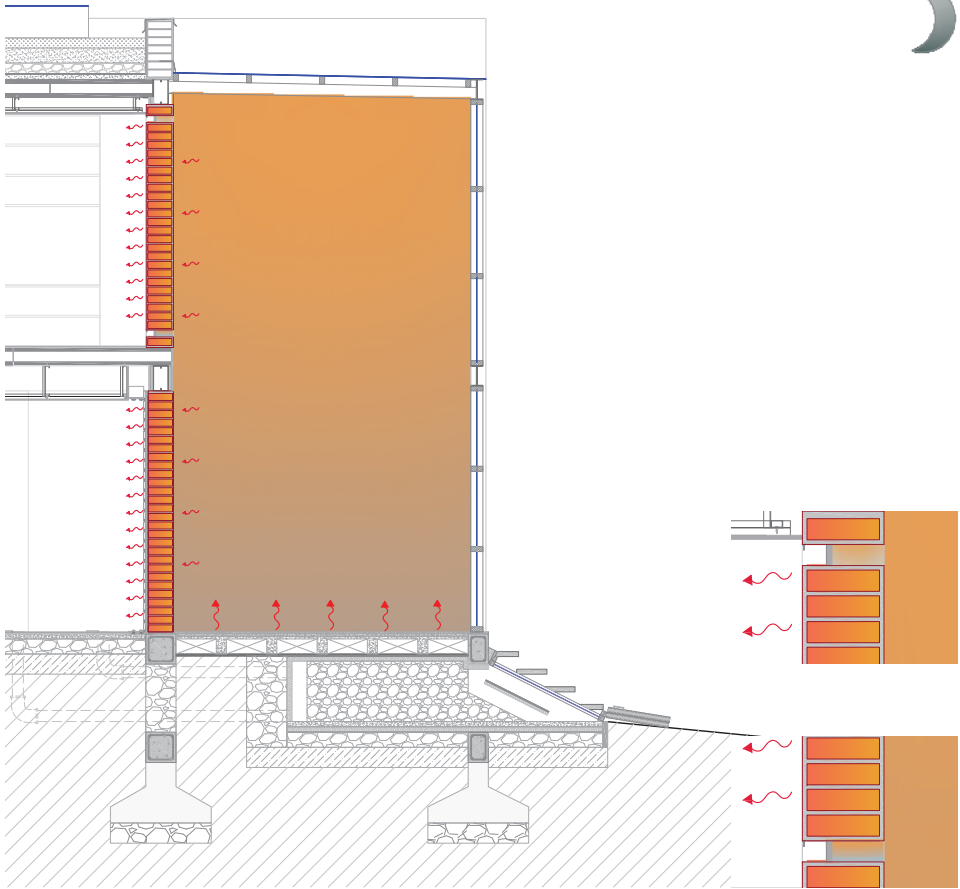
Escala: 1\_30

Lista de Materiales

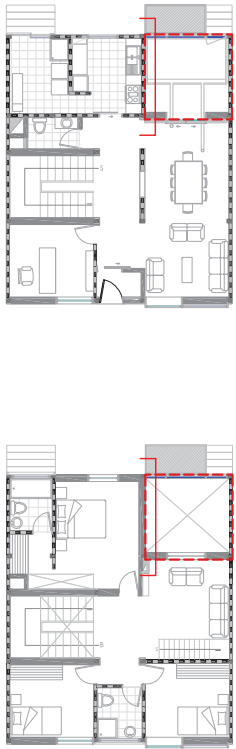
- 1 Replantillo de piedra (e=15 cm)
- 2 Malla electrosoldada R-84
- 3 Losa de Hormigón (e=5 cm)
- 4 Esponja Aluminizada
- 5 Piso flotante
- 6 Riel de Aluminio
- 7 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 8 Mat. de mejoramiento compactado
- 9 Suelo Natural
- 10 Encofrado (tablero de madera)
- 11 Losa Nervada H.A.
- 12 Bloque de pómez (40 x 20 x 15 cm)
- 13 Hormigón estampado
- 14 Tira de madera (5 x 2,5 cm)
- 15 Moldura de madera (10 x 2 cm)
- 16 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7 cm)
- 17 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 18 Tendel (mortero 1:4 e=1 cm)
- 19 Yeso Cartón (1,22 x 2,44, e=12,5 mm)
- 20 Perfil Omega
- 21 Perfil en ángulo
- 22 Canal de carga
- 23 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 24 Malla nervometal
- 25 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 26 Perfil metál. G (25x7,5x2,5cm , e=3mm)
- 27 Platina metálica (e=4 mm)
- 28 Bloque de H.A. poroso (30 x 18 cm)
- 29 Platina metálica (e=2 mm)
- 30 Masilla elástica
- 31 Gancho metálico
- 32 Poliestireno expandido (e=1,5 cm)
- 33 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 34 Perfil metálico C (10X5cm, e=3mm)
- 35 Platina metálica (e=3 mm)
- 36 Lámina de Zinc
- 37 Tira de madera (8x5 cm)
- 38 Vidrio laminado (e=6 mm)
- 39 Viga de madera (12 x 4 cm)
- 40 Perfil metálico I (20 x 6 , e=5 mm)
- 41 Marco de madera Teka (10 x 5 cm)
- 42 Cadena de H.A (20 x 30 cm)



Distribución

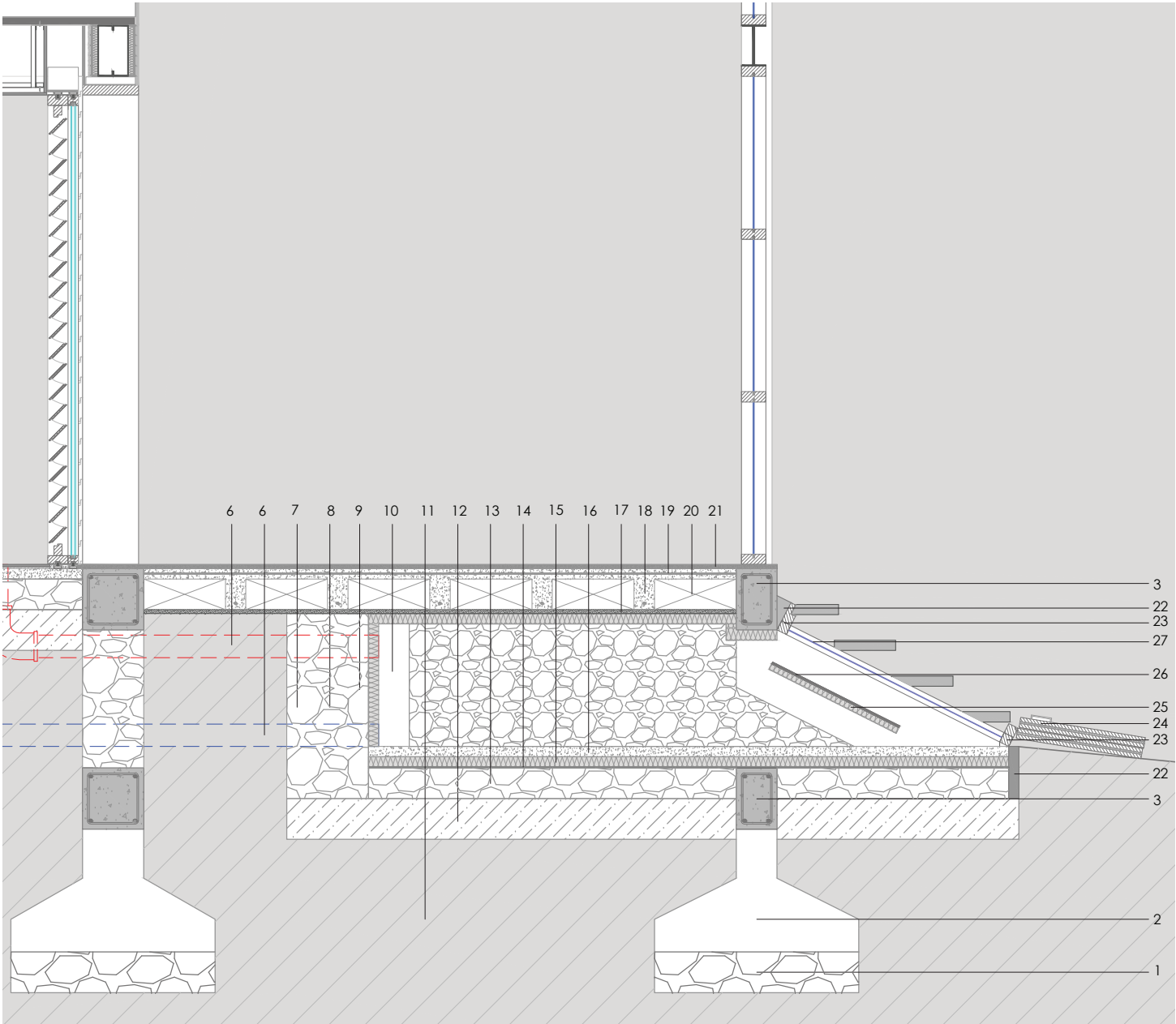


Distribución - Aislación





LECHO DE ROCAS

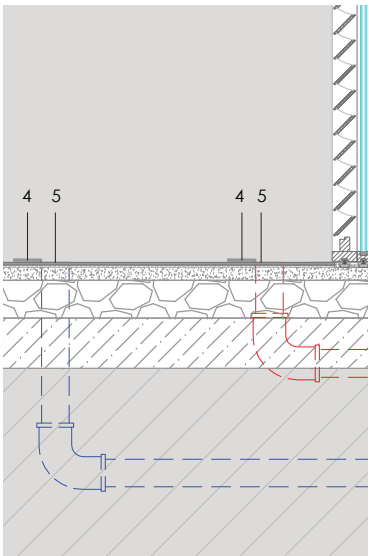


Sección Constructiva

Escala: 1\_30

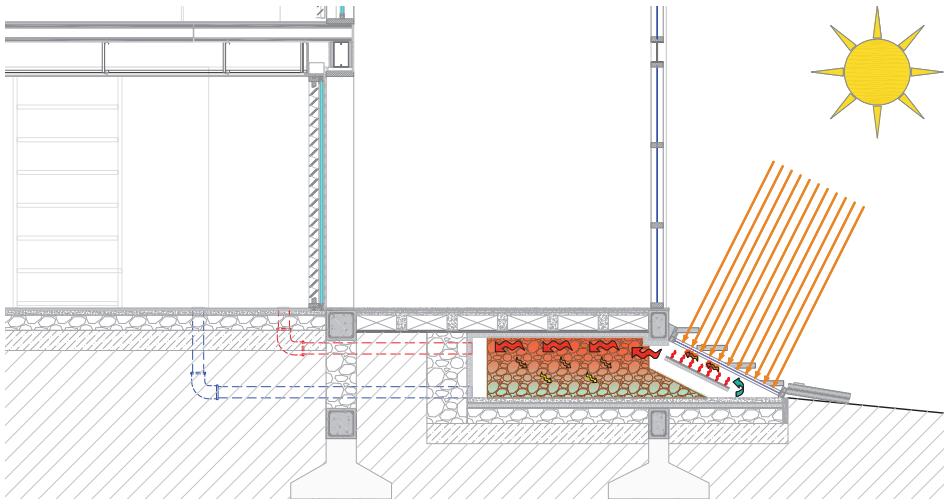
Lista de Materiales

Básicamente este mecanismo consiste en un contenedor compuesto de un captador y una placa absorbente, en donde se colocan piedras de pequeño tamaño y conductos de entrada y salida de aire que funciona por convección natural. El elemento captador es vidrio, el cual genera el efecto invernadero en el interior y las rocas almacenan el calor procedente hasta que se hace preciso que lo devuelvan. Este sistema se lo ha ubicado en el Este de la vivienda aprovechando el desnivel que presenta el terreno y debido a que se busca una acumulación durante la mañana para que pueda ser distribuido durante la tarde y parte de la noche al interior de la vivienda. Considerando que en el solsticio de invierno la altura solar es de 63° a las 12:00, que es la hora de mayor radiación solar cuando el sol está hacia el Este, el ángulo de diseño del elemento captador del lecho de rocas es de 27° con el objetivo de que la radiación incida perpendicularmente sobre este. Debido a que por el vidrio también se dan pérdidas del calor acumulado, la superficie captadora cuenta con una compuerta con aislamiento térmico que se cierra durante las noches. Las paredes y piso del contenedor también cuentan con el mismo aislante (poliestireno expandido). Para el dimensionamiento de este sistema, se requiere conocer el tipo de clima y la superficie captora del sistema.

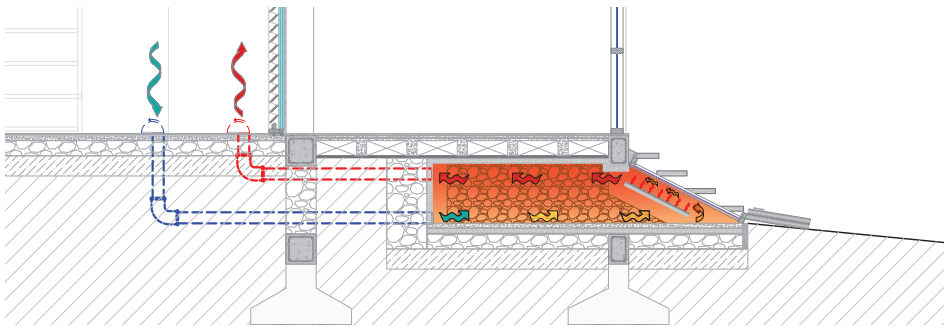


Lecho de Rocas

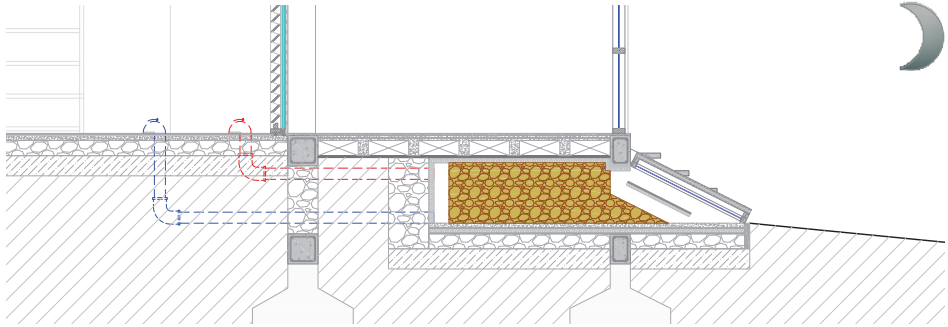
- 1 Replanteo de piedra (e=20 cm)
- 2 Zapata de H.A.
- 3 Cadena de H. A. (20 x 30 cm)
- 4 Platina metálica (e=3 mm)
- 5 Masilla elástica
- 6 Tubería de PVC Ø 110 mm
- 7 Muro de Hormigón Ciclópeo
- 8 Piedras Ø 10 cm
- 9 Malla de gallinero
- 10 Cámara de aire (e=15 cm)
- 11 Suelo natural
- 12 Mat. de mejoramiento compactado
- 13 Replanteo de piedra (e=15 cm)
- 14 Polietileno
- 15 Poliestireno expandido (e=5 cm)
- 16 Losa de Hormigón (e=5 cm)
- 17 Encofrado (tablero de madera)
- 18 Losa nervada H.A.
- 19 Malla electrosoldada R-84
- 20 Bloque de pómez (40 x 20 x 15 cm)
- 21 Hormigón estampado
- 22 Borde de Hormigón Simple
- 23 Marco de madera Teka (4 x 5 cm)
- 24 Tablero de madera (e=2 cm)
- 25 Poliestireno expandido (e=3 cm)
- 26 Lámina de Zinc (color negro)
- 27 Vidrio (e=4 mm)



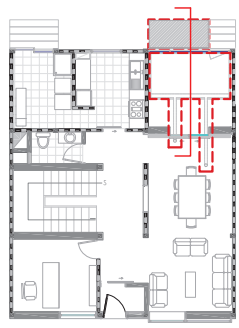
Captación - Acumulación



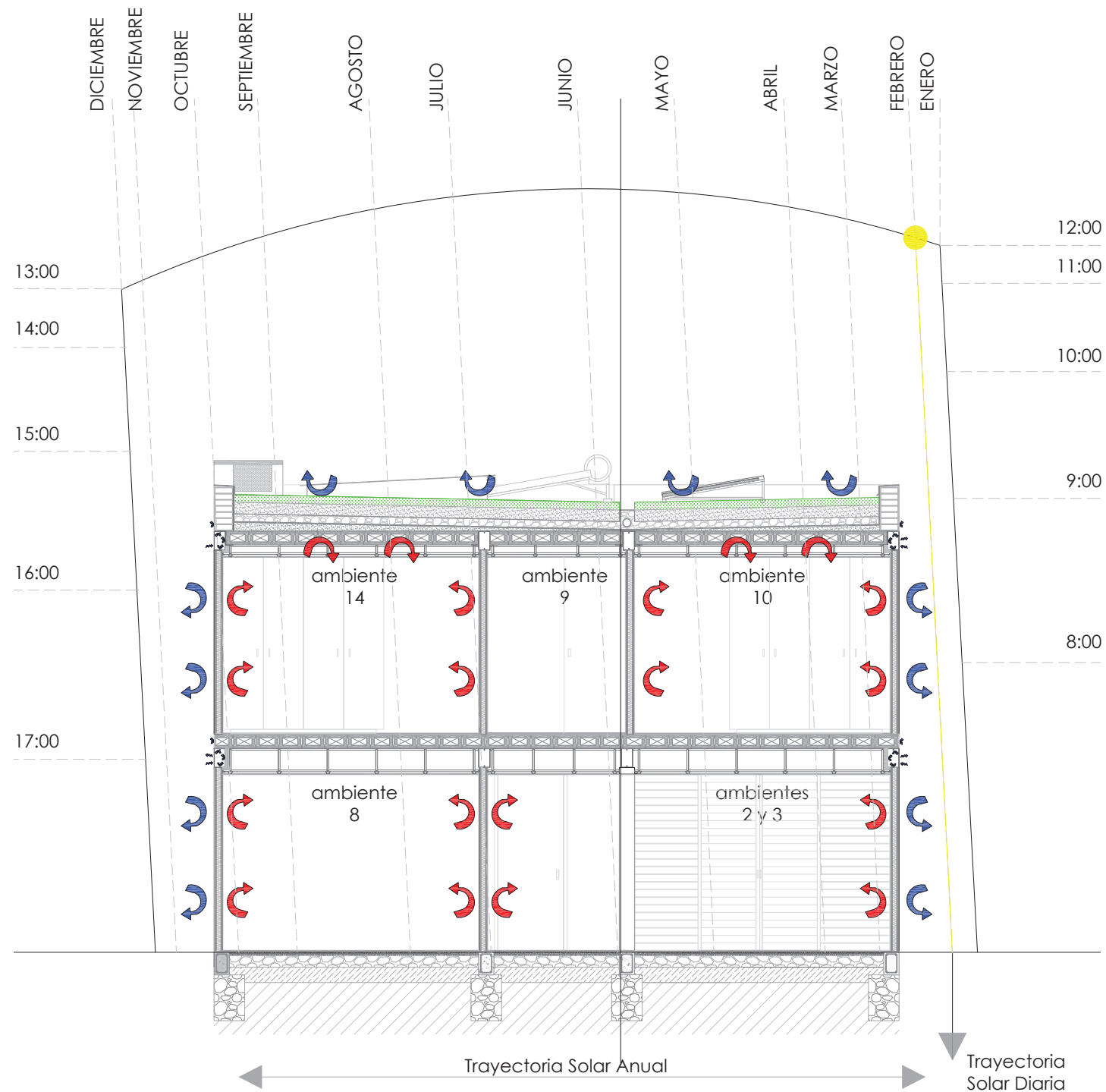
Distribución



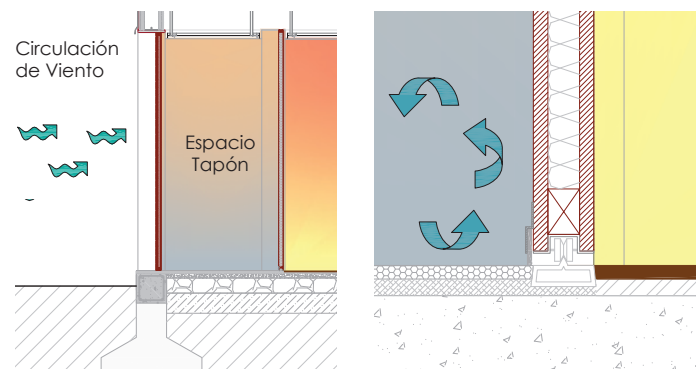
Aislamiento







Trayectoria Solar y Comportamiento de la Aislación Térmica

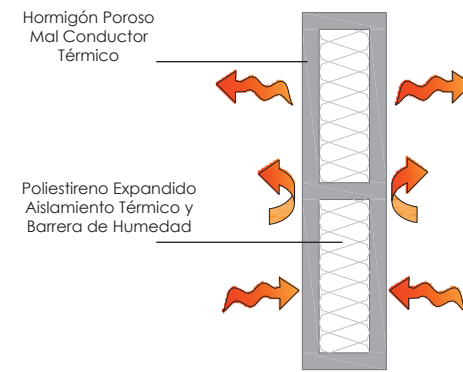


Aislación en los Ingresos a la Vivienda

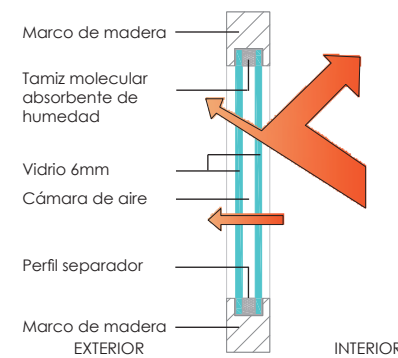
Tanto las paredes como la cubierta juegan un papel fundamental en los intercambios de calor entre el edificio y el exterior. Es así que un adecuado aislamiento térmico constituye un complemento para controlar las pérdidas del calor ganado y almacenado.

Si bien nunca sobra la presencia de un material aislante, resulta imprescindible cuando la diferencia de temperaturas supera los 10°C. La amplitud térmica de Cuenca se encuentra en este límite (9°C y 10°C), por lo que es importante aislar la edificación. Para ello las dos fachadas laterales que se encuentran adosadas y las zonas que requieren de mayor ventilación, para evitar pérdidas térmicas se encuentran conformadas por bloques prefabricados de hormigón poroso con aislamiento térmico.

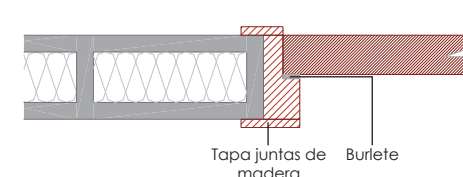
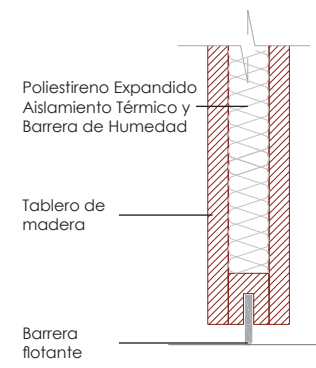
En cuanto a la protección de la entrada principal, cuando se abre la puerta ingresa una gran cantidad de aire al espacio contiguo, por lo que se ha planteado el uso de doble ingreso creando un espacio de transición que separe la edificación del exterior.



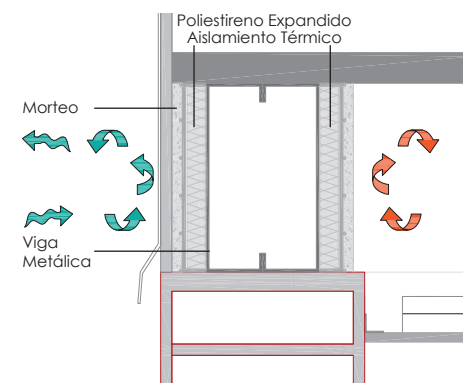
Materiales Aislantes



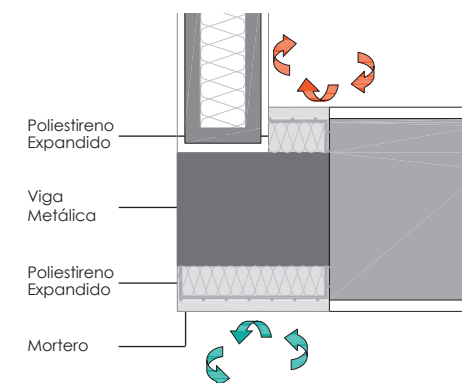
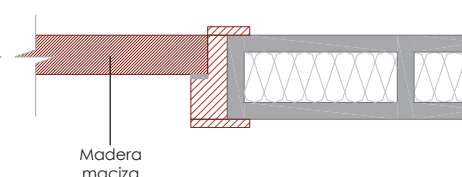
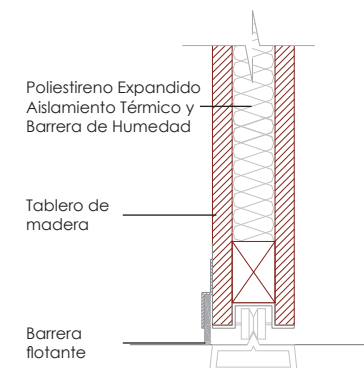
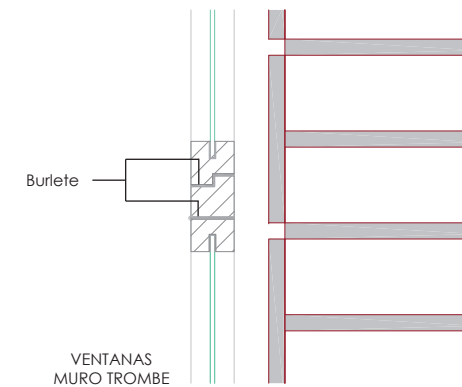
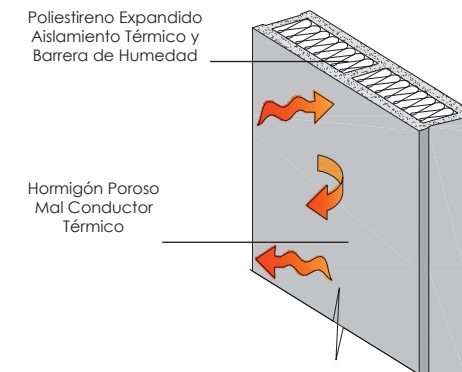
Burletes Adhesivos



Barreras Flotantes



Puentes Térmicos



Un material mientras más poroso, menor conductividad térmica presenta, sin embargo también es un buen absorbente por lo que si entra en contacto con el agua o humedad, aumentará su conductividad, para ello el aislamiento seleccionado ha sido poliestireno expandido o espuma flex, el cual también es resistente a la humedad.

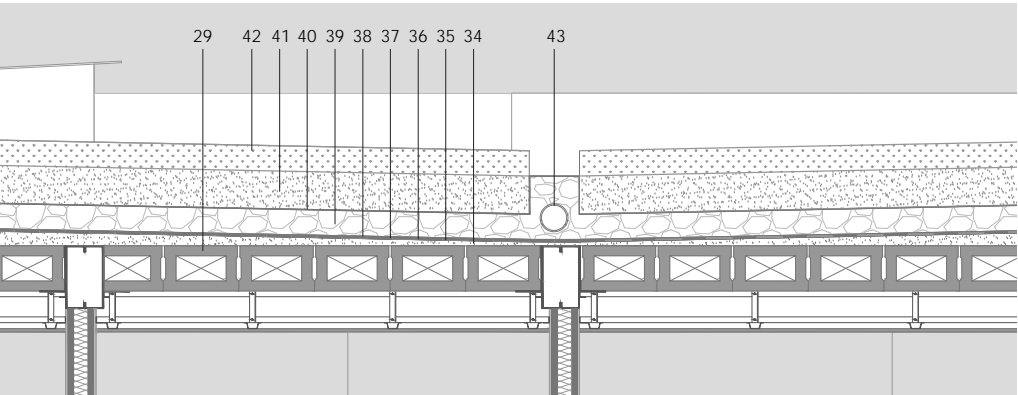
En relación a las ventanas, se ha utilizado doble vidrio en las zonas en donde se requiere conservar el calor captado y almacenado. Igualmente con el objetivo de proteger frente a las infiltraciones de viento que puedan afectar la sensación térmica al interior de la edificación, las rendijas de los marcos cuentan con burletes adhesivos.

La puerta de acceso principal a la vivienda está constituida por dos tableros de madera y una capa de poliestireno expandido en su interior.

En las rendijas de la puerta principal, del invernadero y espacios que se encuentran aislados por ventilación, se plantea la colocación de burletes adhesivos, que pueden reducir la entrada de aire frío en más del 50%, así como también la parte inferior de la puerta es estanca a las infiltraciones debido a la colocación de una barrera flotante.

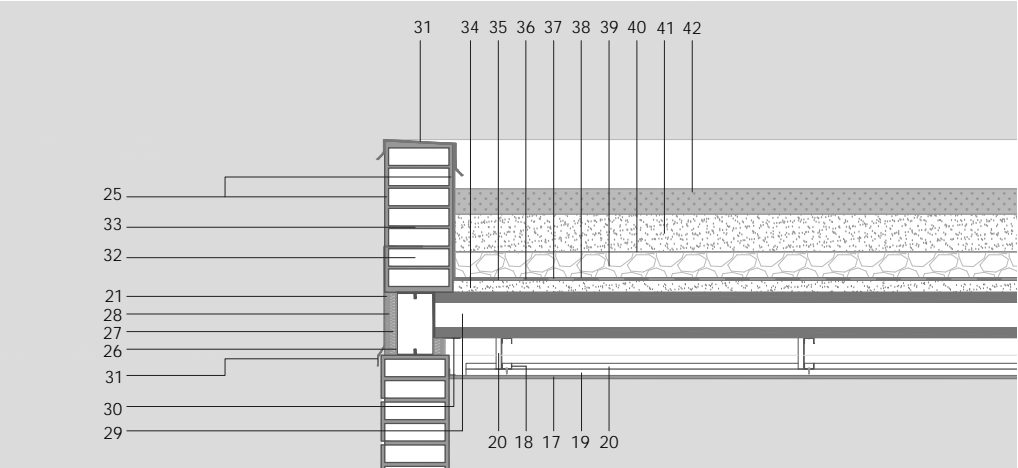
Los puentes térmicos corresponden a una interrupción en el comportamiento térmico de una envolvente y en ellos se genera una mayor transmisión de calor hacia el exterior en períodos fríos. La vivienda al estar constituida por una estructura metálica que presenta una conductividad térmica significativamente mayor que los muros ha sido necesario la utilización de poliestireno expandido como aislamiento térmico.

CUBIERTA VEGETAL - PERSIANAS PARA AISLAMIENTO DE INVERNADERO



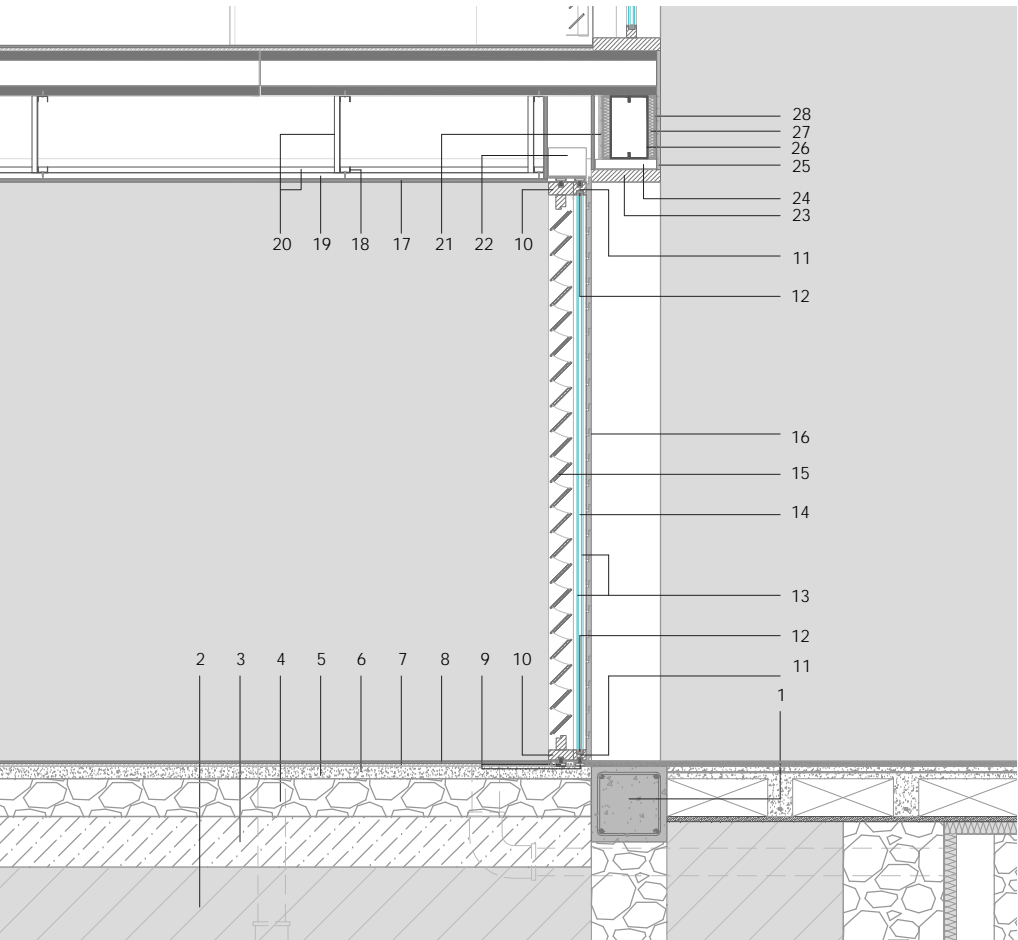
Sección Constructiva 1

Escala: 1\_30



Sección Constructiva 2

Escala: 1\_30



Sección Constructiva

Escala: 1\_30

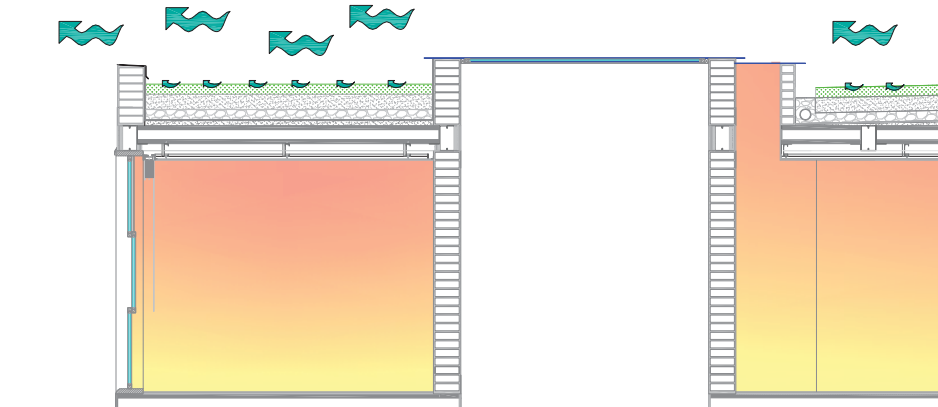
Uno de los mecanismos efectivos utilizados para incrementar el aislamiento térmico en la cubierta de la edificación es la implementación de una cubierta ajardinada, ya que la vegetación hace de un colchón de aire encerrado, el mismo que cumple el papel de una capa de aislante térmico, y cuanto más denso y grueso sea éste, mayor es el efecto de aislación. Igualmente cuando se trata de una vegetación bastante densa, esto impide que el viento llegue a la superficie del sustrato, es así que al casi no existir movimiento de aire en esta zona, la pérdida de calor por convección se aproxima a cero. De esta manera se ha planteado la utilización de césped ya que ademas exige poco mantenimiento.

Debido a que durante las noches el invernadero se transforma en un espacio frío al ser completamente vidriado, en la puerta que comunica éste espacio con el interior de la vivienda, se plantea la implementación de persianas de madera que se cierran herméticamente durante el periodo nocturno. Cuando éstas permanecen abiertas, tienen un ángulo de inclinación de 45 °, que permite un adecuado ingreso de la radiación solar incidente.

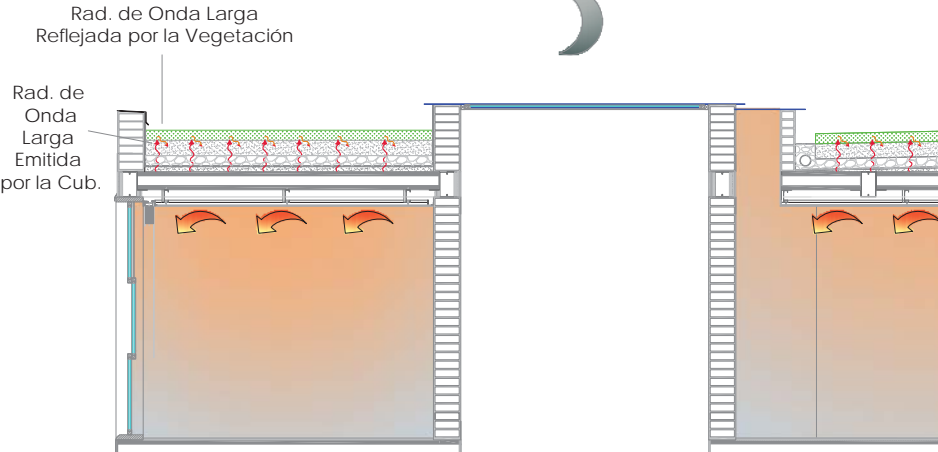
Lista de Materiales

- 1 Cadena de H. A. (30 x 30 cm)
- 2 Suelo Natural
- 3 Mat. de mejoramiento compactado
- 4 Replanteo de piedra (e=15 cm)
- 5 Losa de Hormigón (e=5 cm)
- 6 Malla electrosoldada R-84
- 7 Esponja Aluminizada
- 8 Piso flotante
- 9 Riel de Aluminio
- 10 Marco de madera Teka (10 x 4 cm)
- 11 Marco de madera Teka (5 x 4 cm)
- 12 Tamiz molecular absorbente de humedad
- 13 Vidrio (e= 6 mm)
- 14 Cámara de aire (e=12 mm)
- 15 Lama de madera Teka (10 x 1 cm)
- 16 Moldura de madera (10 x 2 cm)
- 17 Yeso Cartón (1,22 x 2,44 , e=12,5 mm)
- 18 Canal de carga
- 19 Perfil Omega
- 20 Perfil en ángulo
- 21 Mortero de cemento 1:3 (e=1,5 cm)
- 22 Platina metálica (e=4 mm)
- 23 Tablón de madera (27 x 5 cm)
- 24 Platina metálica (e=3 mm)
- 25 Enlucido (mortero 1:3 - empastado)
- 26 Perfil metál. G (25x7,5x2,5cm , e=3mm)
- 27 Poliestireno expandido (e=2,5 cm)
- 28 Malla nervometal
- 29 Bloque de H. A. poroso (30 x 18 cm)
- 30 Platina metálica (e=3 mm)
- 31 Lámina de Zinc
- 32 Ladrillo artesanal macizo (24x39x7cm)
- 33 Tendel (mortero 1:4 e=1 cm )
- 34 Formación de Pendiente (H.S.)
- 35 Imprimación asfáltica
- 36 Membrana impermeabilizante (lámina asfáltica e=2,52 mm)
- 37 Lámina asfáltica con aditivos inhibidores de raíz (e=3,23 mm)
- 38 Membrana separadora antipunzonante (geotextil e=0,65 mm)
- 39 Capa drenante (mat. pétreo e=10cm)
- 40 Membrana separadora filtrante y drenante (geotextil e=0,65 mm)
- 41 Sustrato orgánico (e=15 cm)
- 42 Césped
- 43 Tubería PVC Ø 110 mm

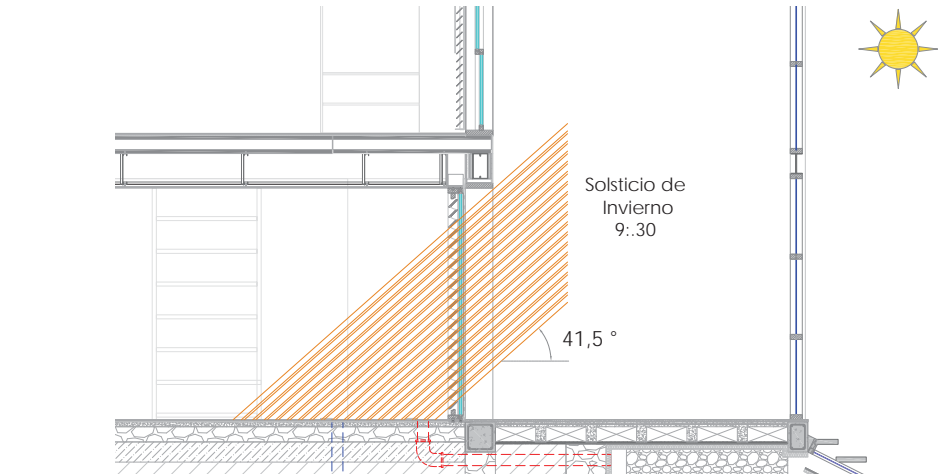
Circulación Viento



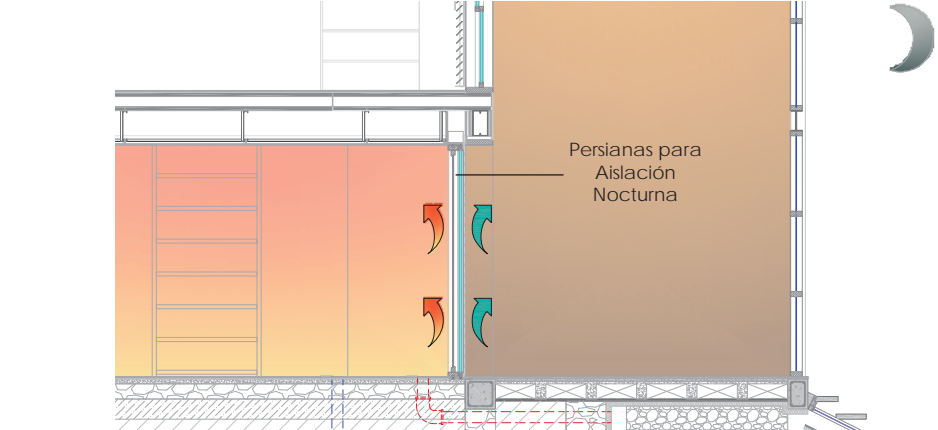
Protección Contra la Incidencia del Viento



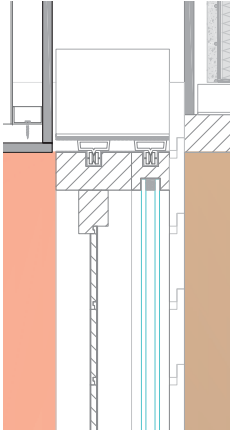
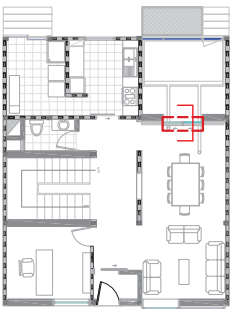
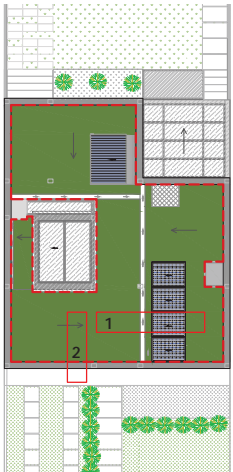
Persianas Externas Para Control Solar



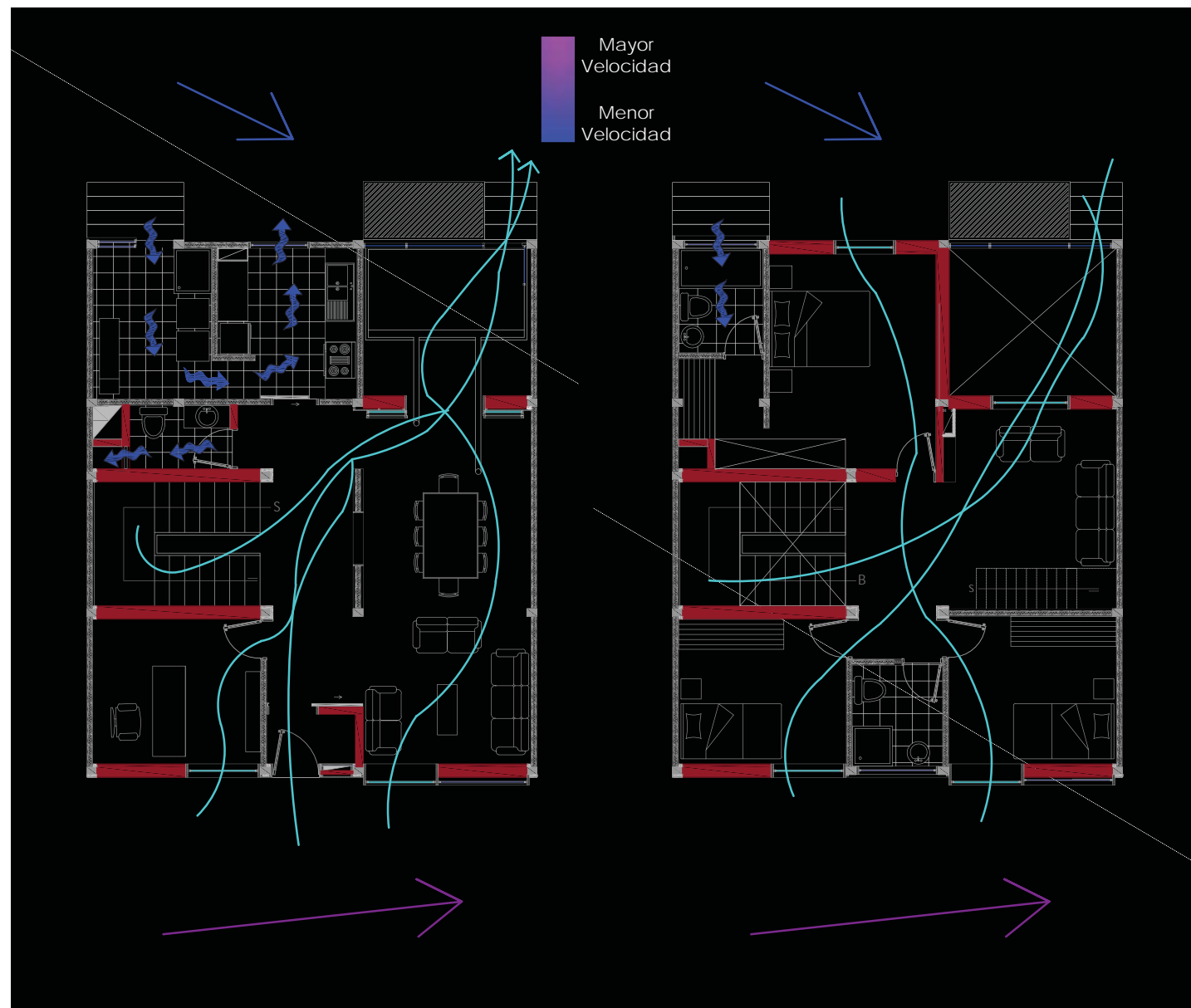
Persianas Para Control Térmico



Persianas Para Aislamiento Nocturno





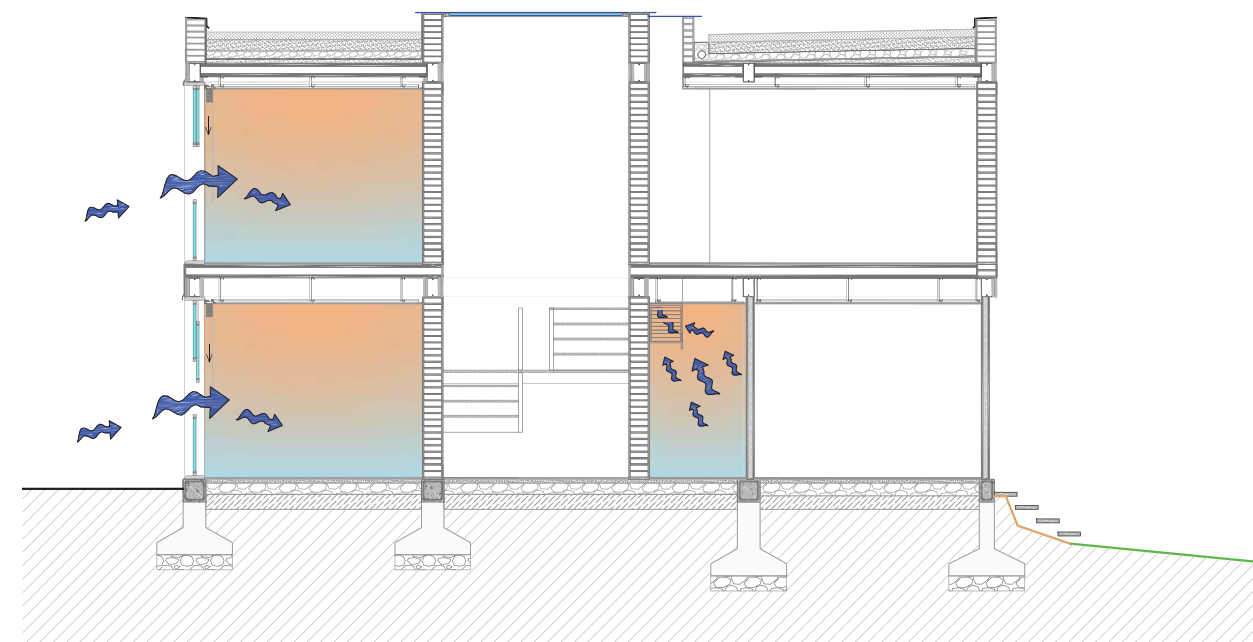


## Incidencia del Viento y Ventilación Cruzada

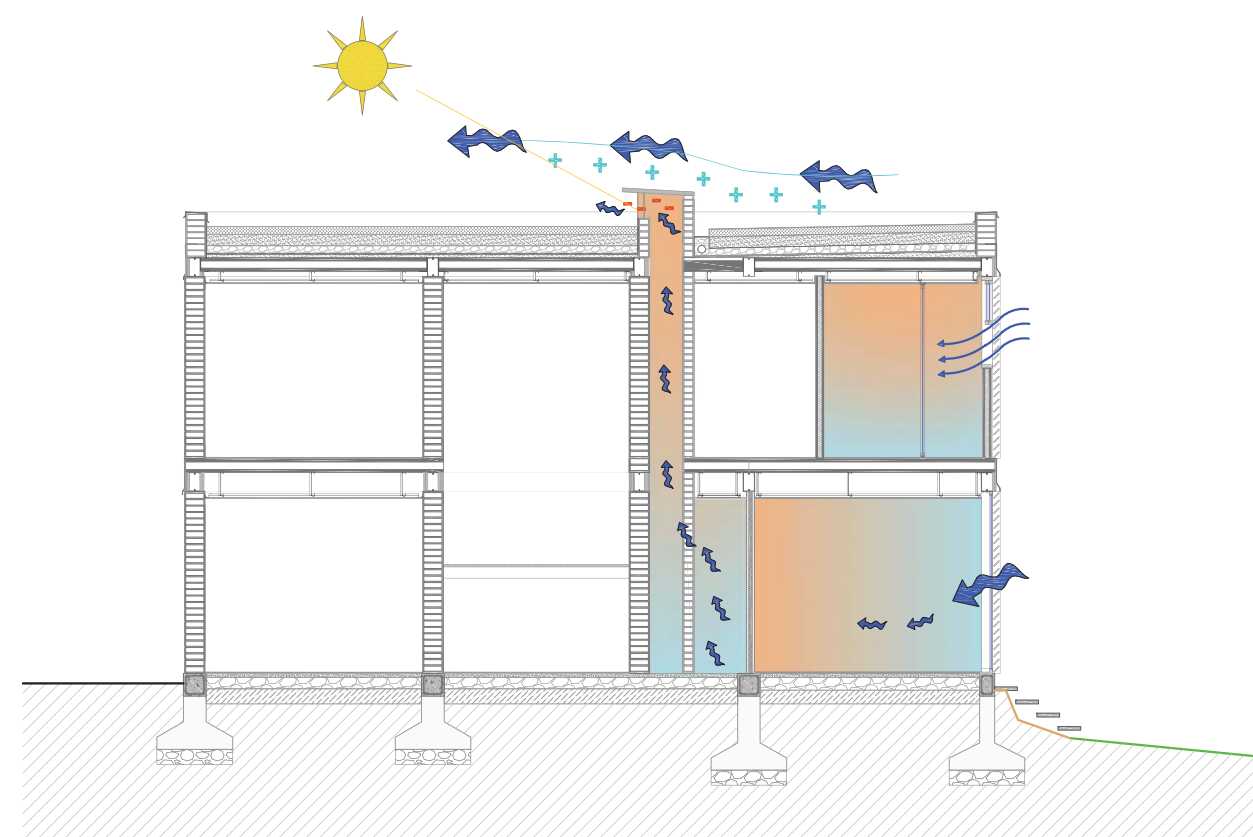
La acción del viento sobre las edificaciones tiene repercusiones directas e indirectas acerca de las condiciones del ambiente interior, ya que por un lado, el viento influye en el microclima de la construcción, actuando en los cerramientos y por tanto generando pérdidas de calor hacia el exterior de las superficies y por otra parte ingresan al interior por las rendijas y aberturas con lo que una parte del calor existente en el local es almacenada en la masa de aire frío que entra en el (infiltraciones) y luego es perdida cuando esa masa de aire se libera hacia el exterior (exfiltraciones). Sin embargo la ventilación es muy importante para cubrir un conjunto de exigencias higiénicas y de bienestar necesarias para hacer más saludable la estancia de un espacio. Es por ello que en la vivienda, en caso de requerirse pudiera generarse una ventilación cruzada, sin embargo para evitar grandes pérdidas de calor es aconsejable que se aproveche la ventilación natural de manera independiente en cada uno de los ambientes, los cuales además cuentan con ventanas corredizas permitiendo una mayor flexibilidad para el control del flujo de aire que podría entrar.

Únicamente en los ambientes de cocina y lavandería sería recomendable ventilación cruzada, para lo cual los vanos de cada uno de estos espacios presentan diferencias de presión al estar uno de ellos más expuesto al viento que el otro, al encontrarse este último más protegido por la edificación aledaña.

Con respecto al baño social al ubicarse en una zona intermedia de la vivienda, se ha planteado la ventilación de este espacio mediante el sistema denominado chimenea solar, el mismo que funciona captando radiación en la parte superior del ducto para disminuir la densidad del aire en esta zona, la cual al encontrarse en una orientación contraria a la dirección del viento, se genera una presión negativa lo que provoca la succión del aire interno.

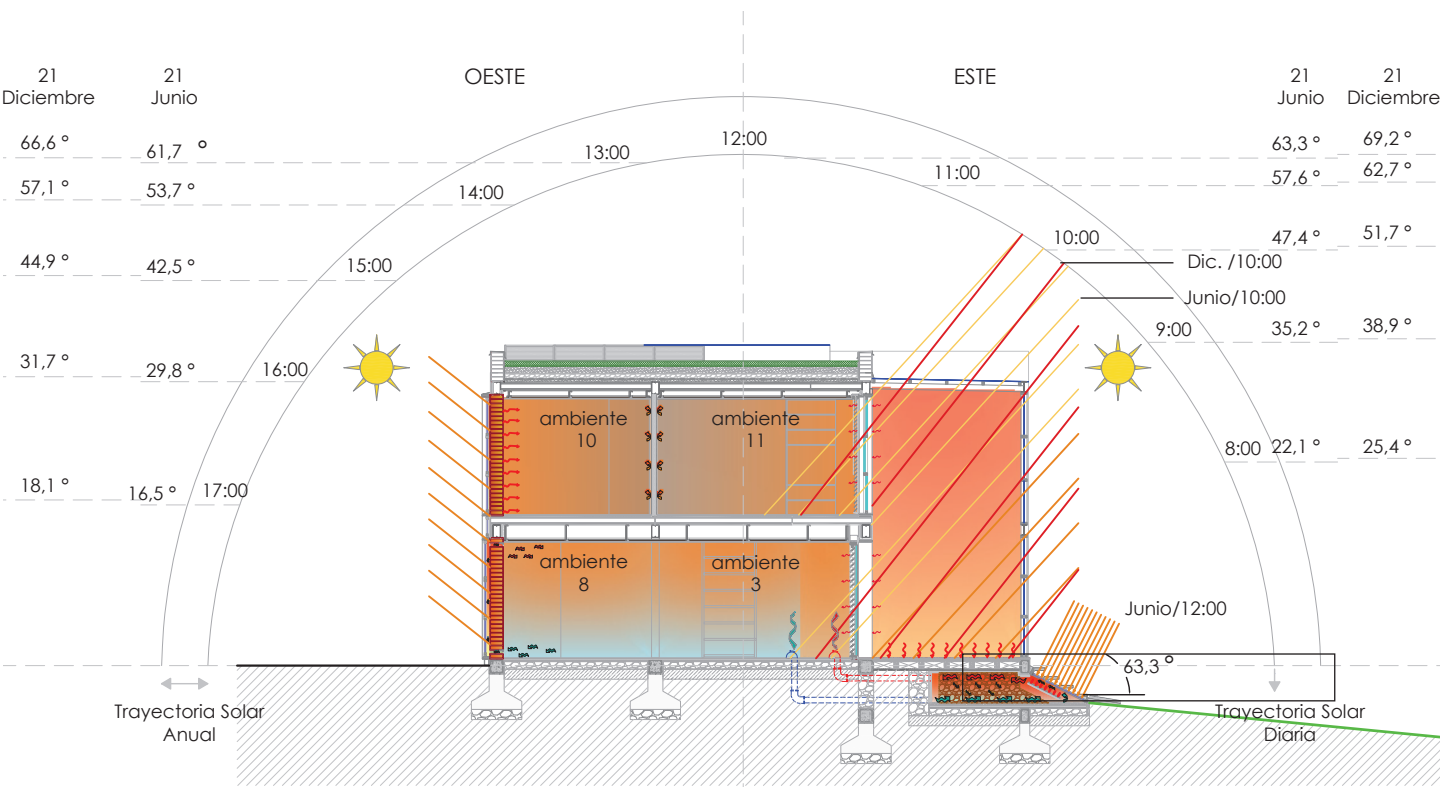
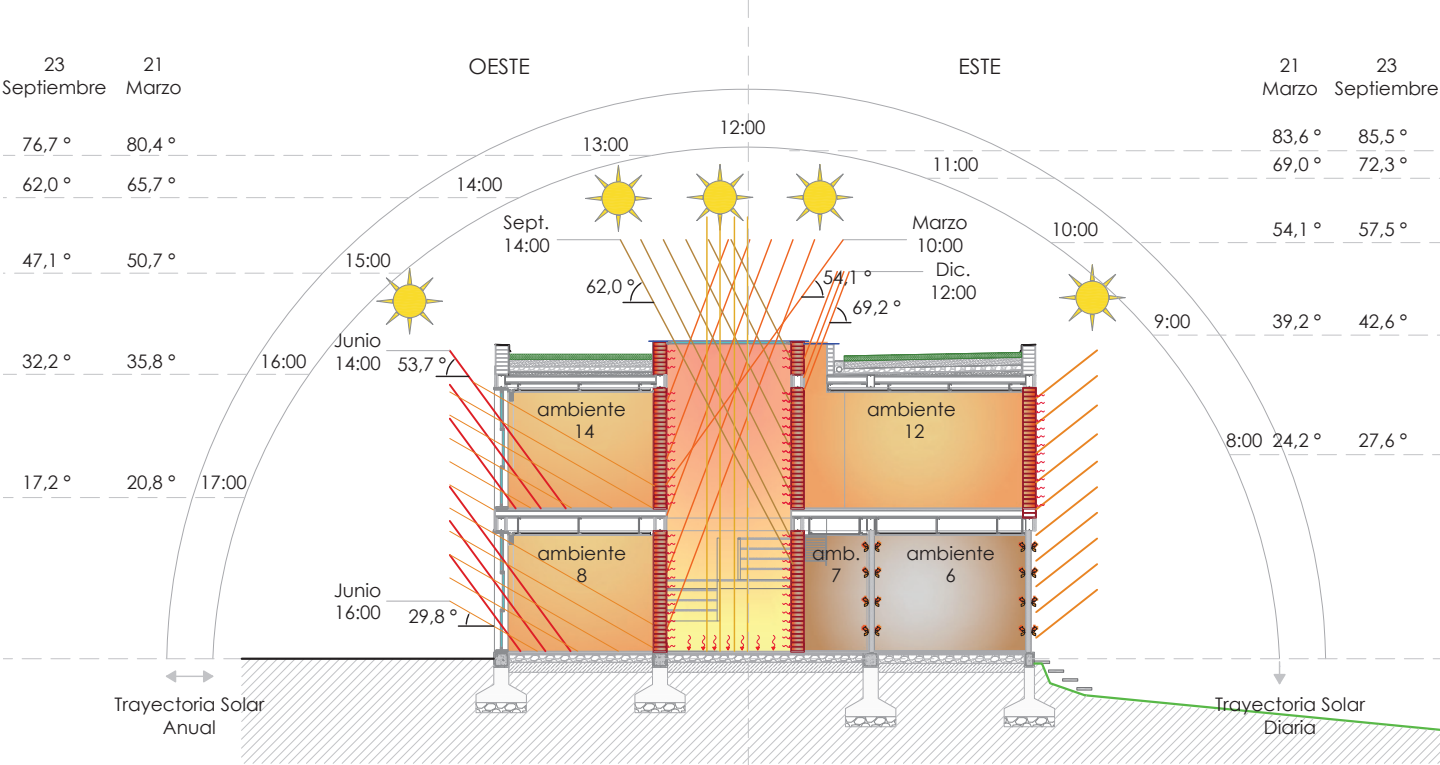


Ventilación Natural

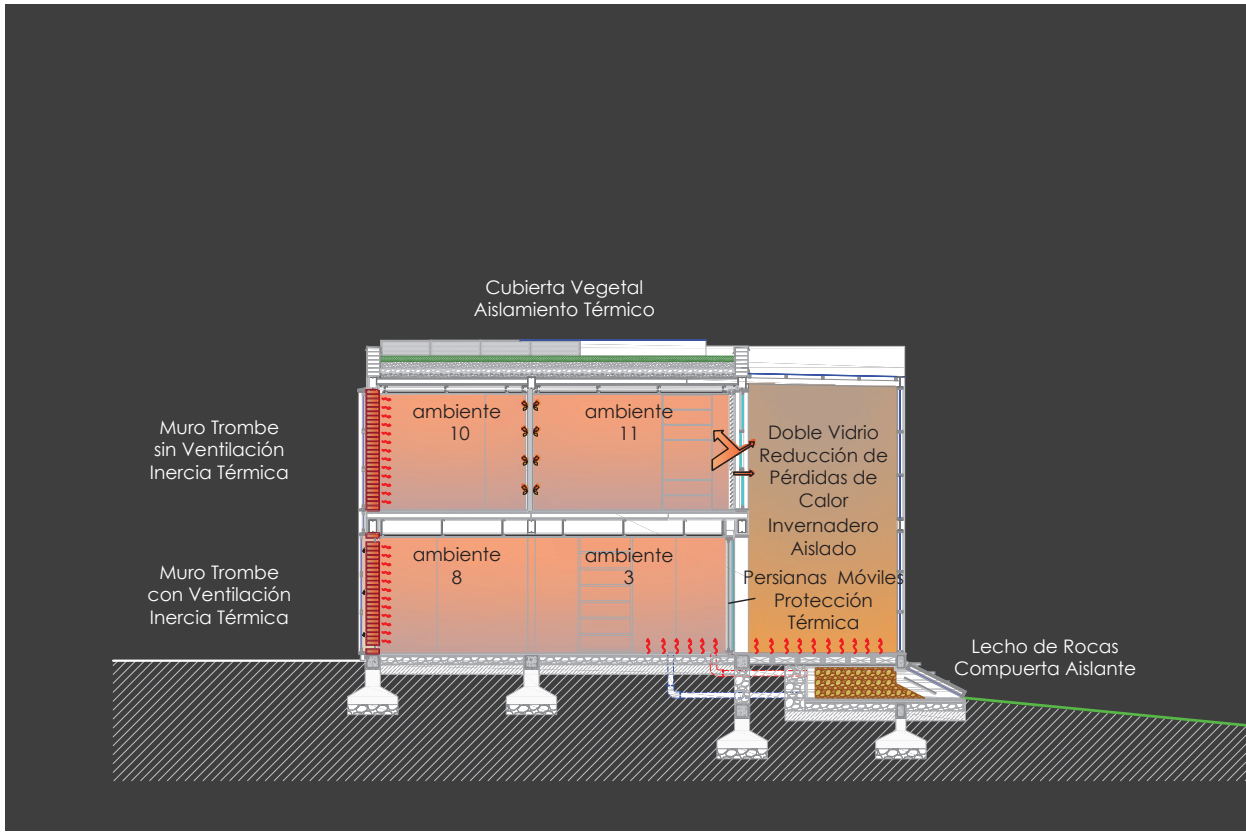
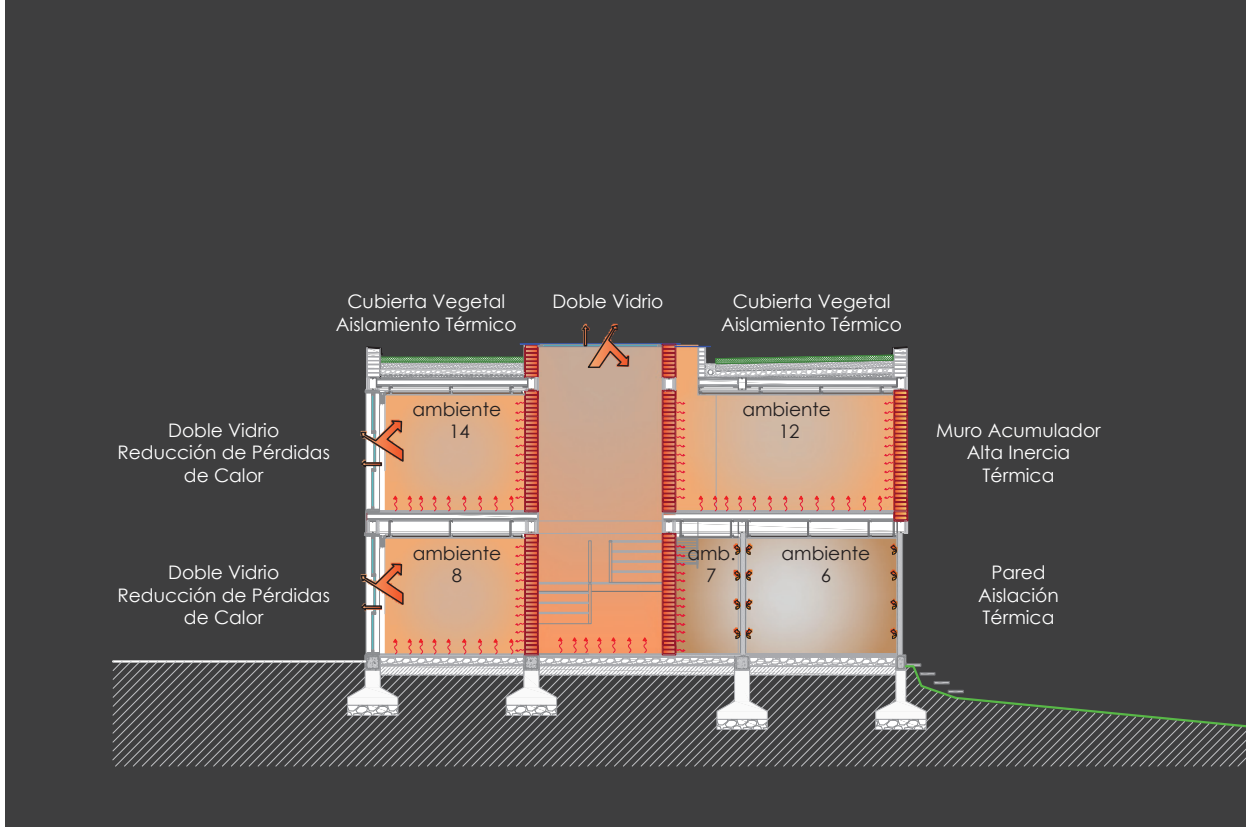


Ventilación Natural Mediante Efecto Chimenea Solar

COMBINACIÓN DE SISTEMAS

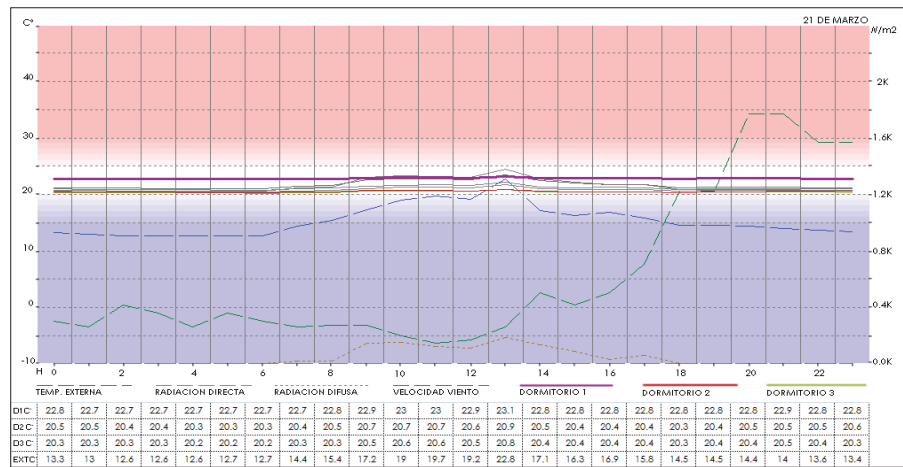


Día (Captación - Acumulación)

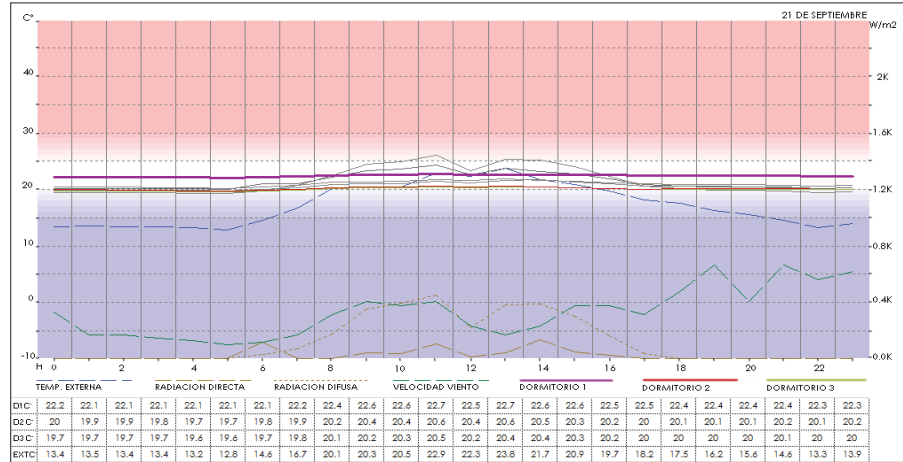


Noche (Distribución - Aislamiento)

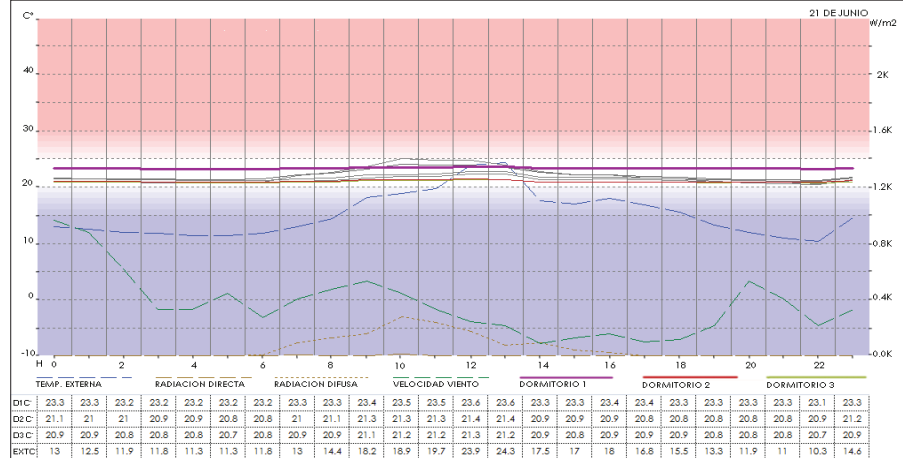
Siguiendo la estructura bioclimática (captación, acumulación y distribución), cada uno de los sistemas aplicados busca permitir ganancias de calor al interior de la vivienda, así como también evitar sus pérdidas, buscando mantener constante la temperatura al interior. De esta forma se pueden observar el comportamiento térmico de los diferentes ambientes tanto en el día como en la noche. Entendiendo los diferentes ángulos de incidencia de la trayectoria solar tanto en los solsticios de verano e invierno como en los equinoccios.



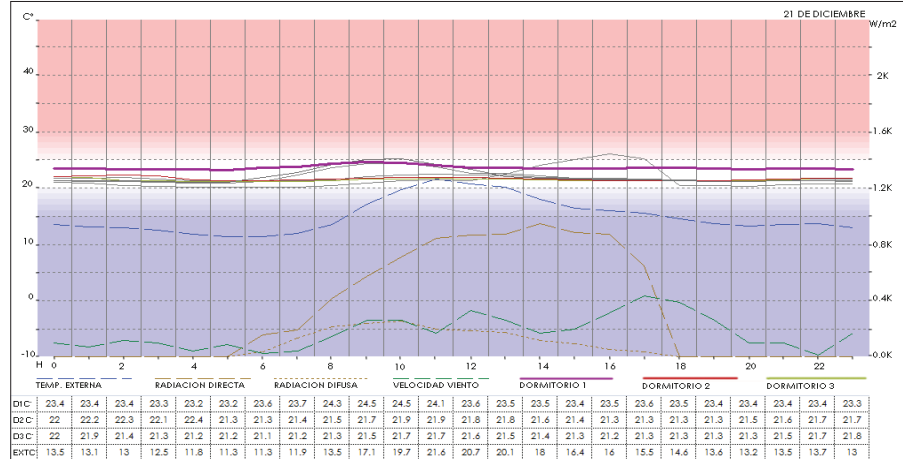
Análisis Térmico en Zona de Descanso, Equinoccio de Marzo



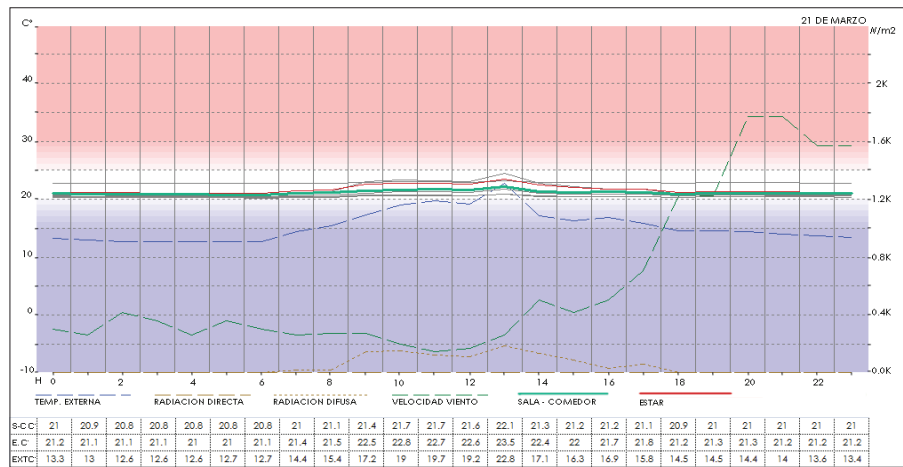
Análisis Térmico en Zona de Descanso, Equinoccio de Septiembre



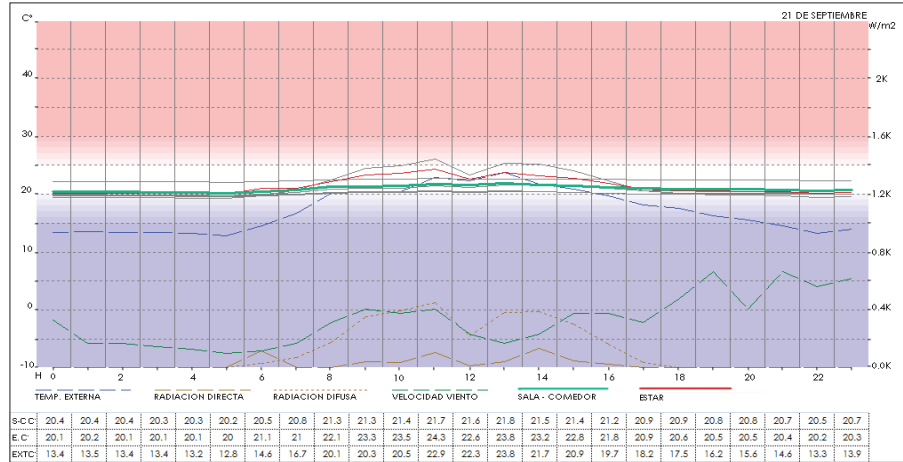
Análisis Térmico en Zona de Descanso, Solsticio de Junio



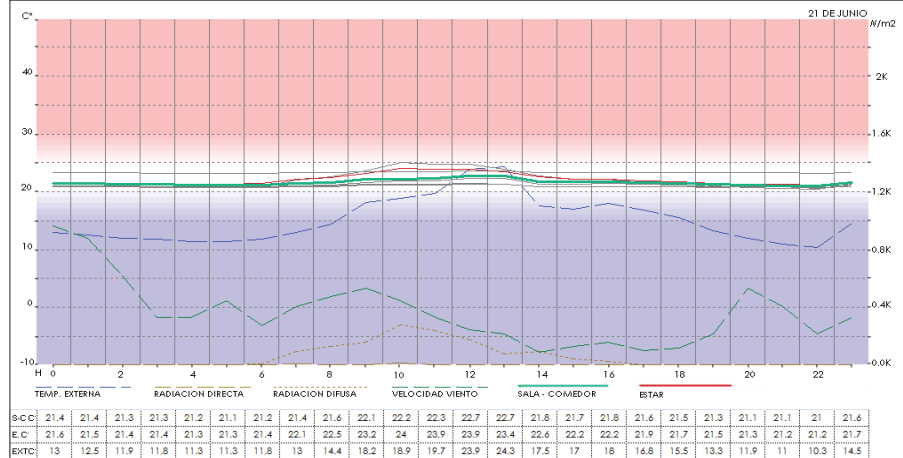
Análisis Térmico en Zona de Descanso, Solsticio de Diciembre



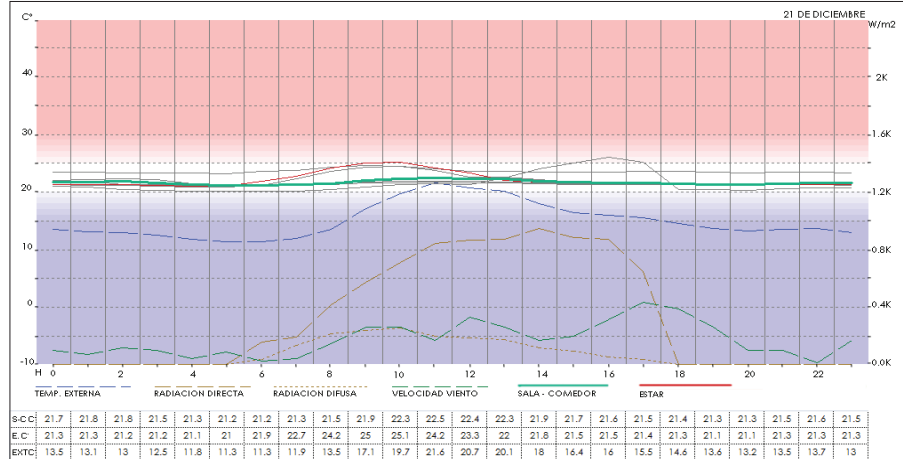
Análisis Térmico en Zona Social, Equinoccio de Marzo



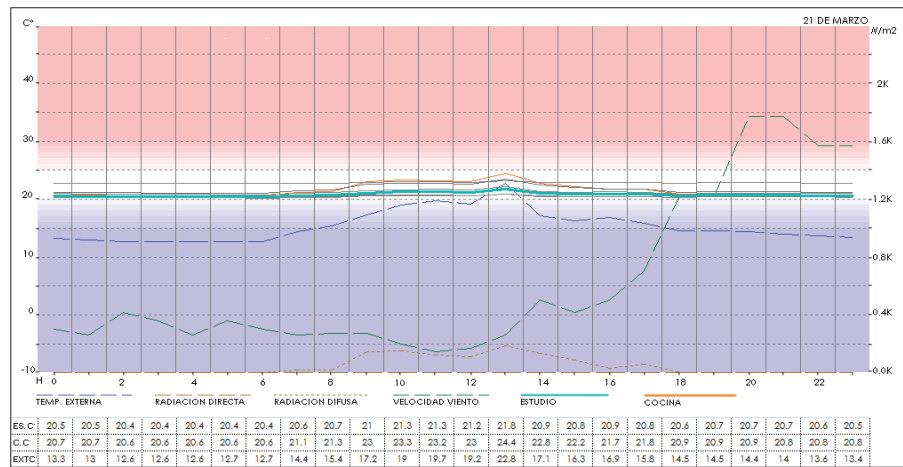
Análisis Térmico en Zona Social, Equinoccio de Septiembre



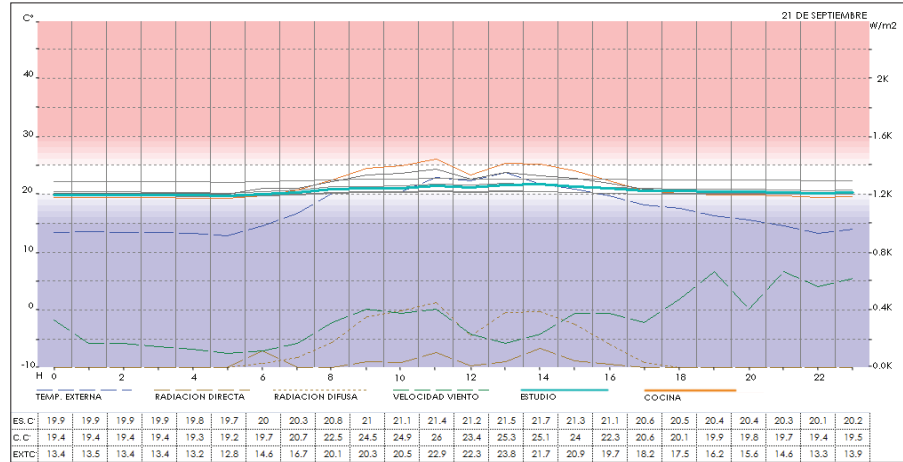
Análisis Térmico en Zona Social, Solsticio de Junio



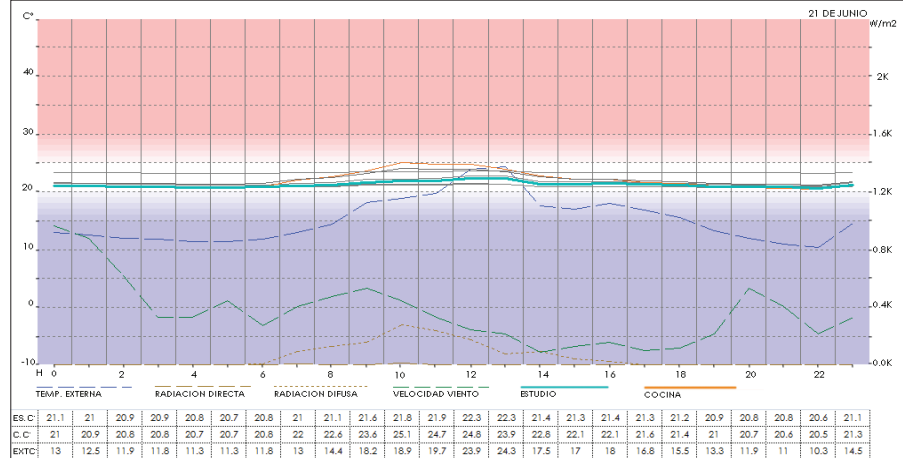
Análisis Térmico en Zona Social, Solsticio de Diciembre



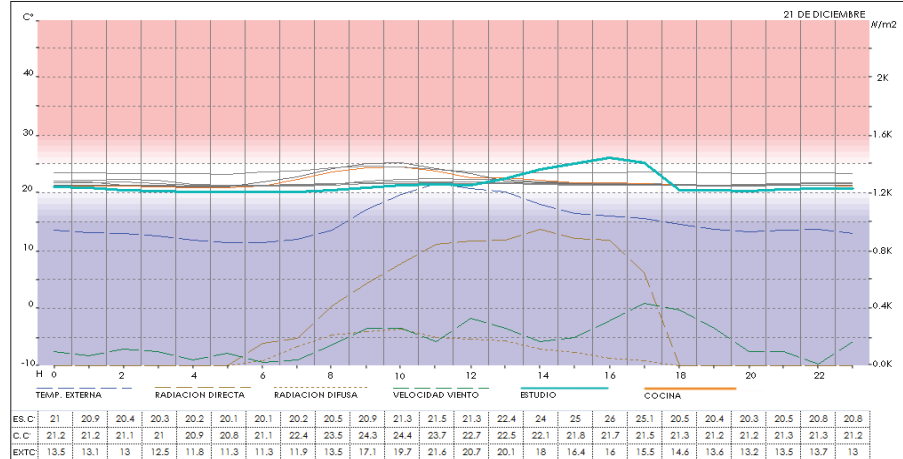
Análisis Térmico en Zona de Trabajo, Equinoccio de Marzo



Análisis Térmico en Zona de Trabajo, Equinoccio de Septiembre

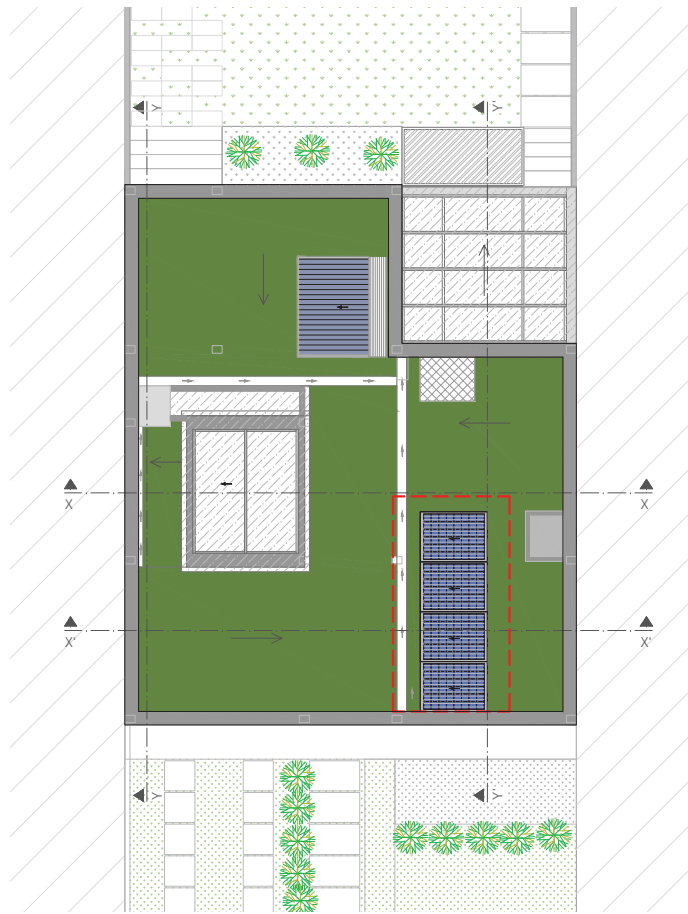


Análisis Térmico en Zona de Trabajo, Solsticio de Junio

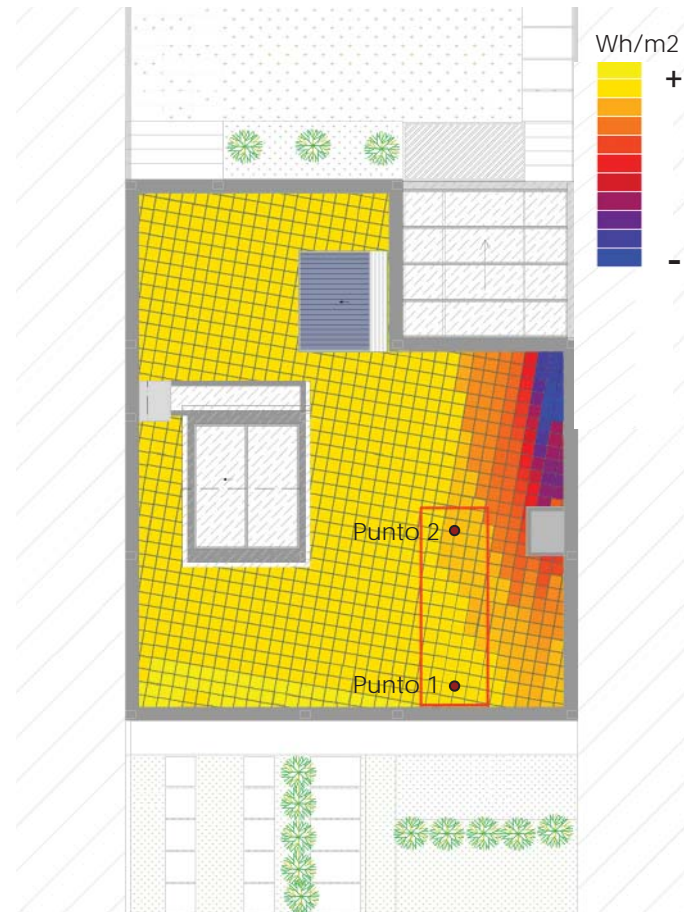


Análisis Térmico en Zona de Trabajo, Solsticio de Diciembre

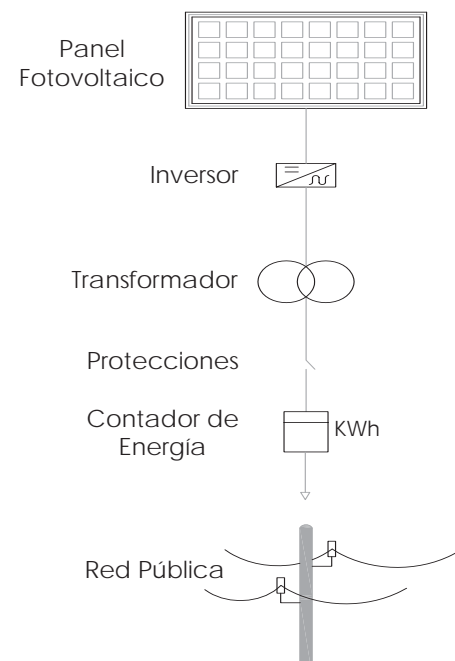




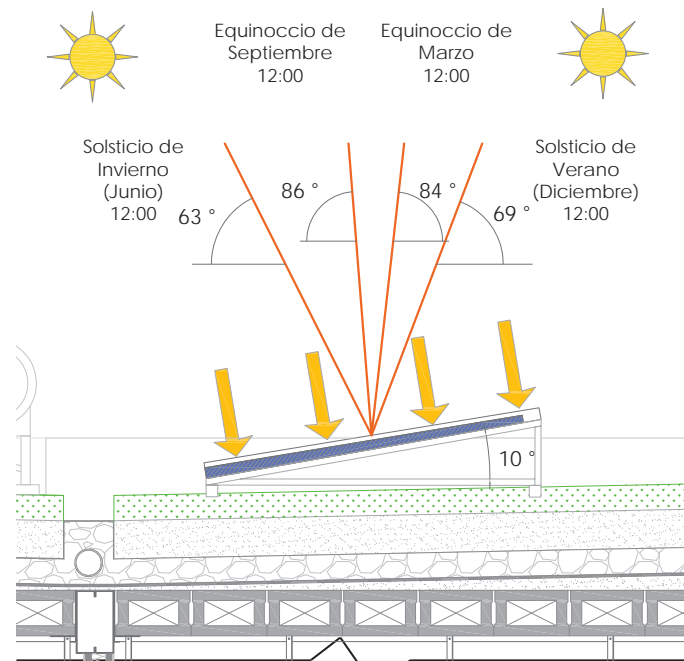
Ubicación de los Paneles Fotovoltaicos



Paneles Fotovoltaicos



Componentes de los Paneles Fotovoltaicos



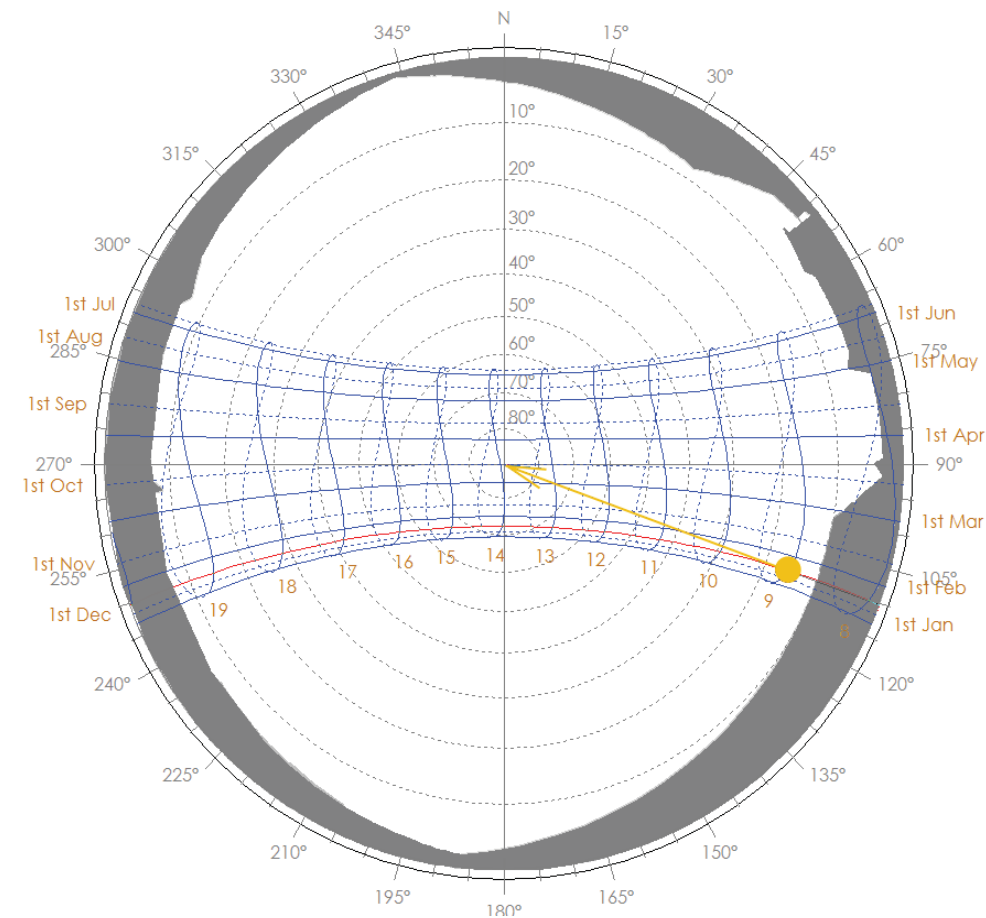
Inclinación Adecuada Para Paneles Fotovoltaicos

La radiación solar encontrada en la región Sierra es más alta que en la región Costa y Oriente. En la ciudad de Cuenca presenta un promedio anual de 4.5 kwh/m2, ubicándolo en un punto medio con respecto a los demás lugares. Además debido a la latitud (-2.9) se cuenta con una radiación prácticamente constante durante todo el año.

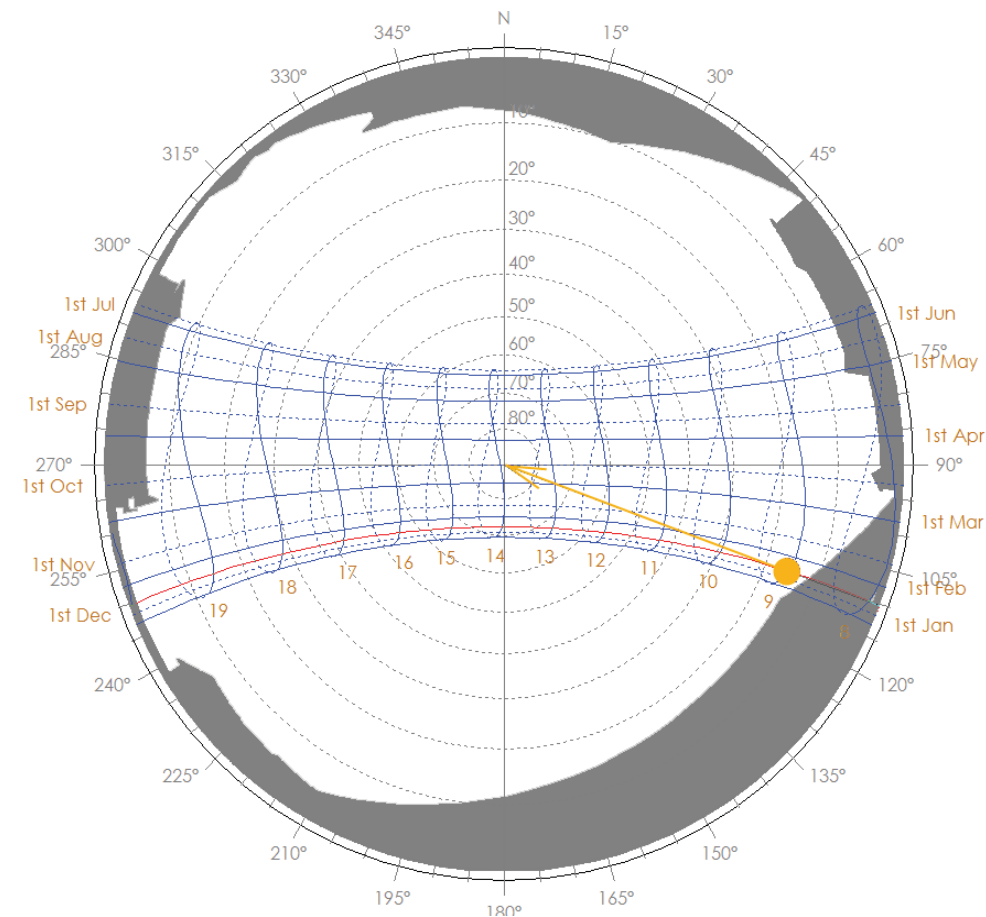
Por lo que se ha planteado la utilización de un sistema fotovoltaico conectado a la red, en donde puede encontrarse mayor factibilidad en su uso, pues según la reforma 0041 del CONELEC el precio para quienes generen energía con sistema fotovoltaico y lo vendan a la red pública representa el 383% del precio de compra por cada kwh a la empresa eléctrica, pudiéndose amortizar el sistema antes de que finalice su vida útil.

Para la colocación estratégica de los paneles fotovoltaicos se ha realizado un análisis de la incidencia de la radiación solar sobre la cubierta y un análisis de sombras.

La orientación de los paneles tanto el solar como el fotovoltaico es en dirección Norte debido a nuestra latitud y un ángulo de inclinación de 10 grados como mínimo para reducir la limpieza de las superficies vidriadas.

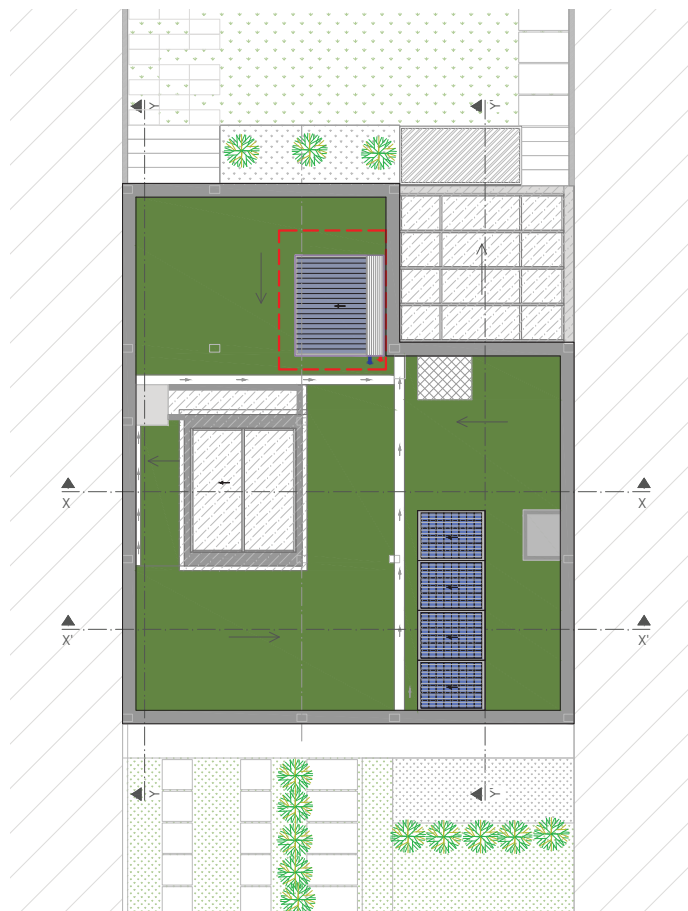


Análisis de Sombras Punto 1

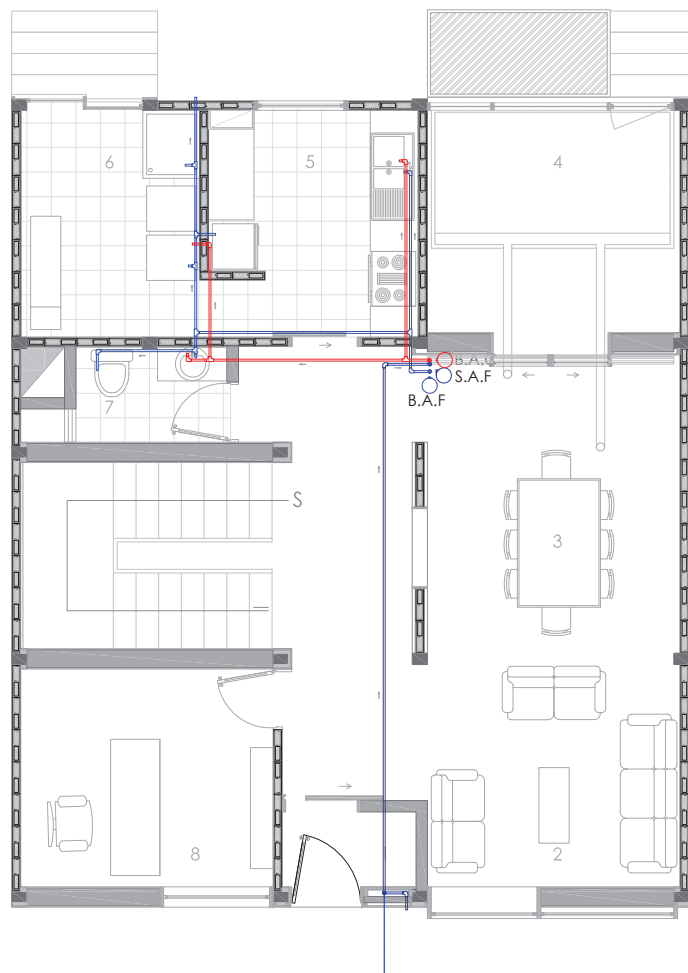


Análisis de Sombras Punto 2

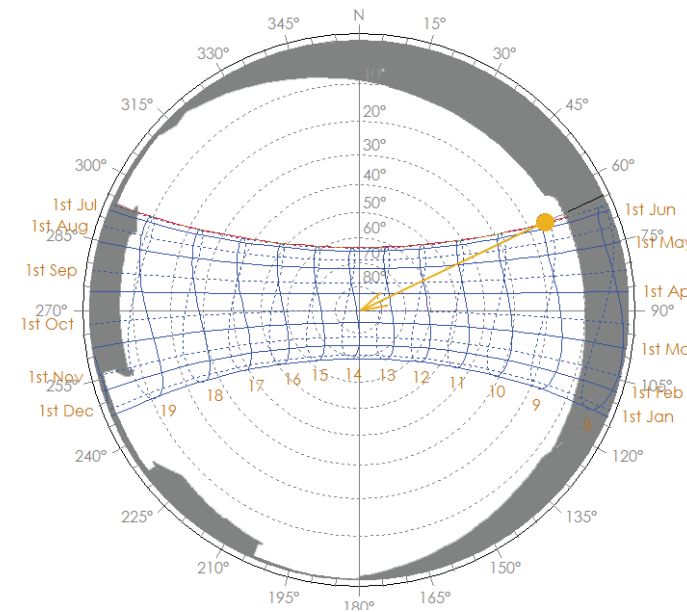




Ubicación del Panel Solar Térmico

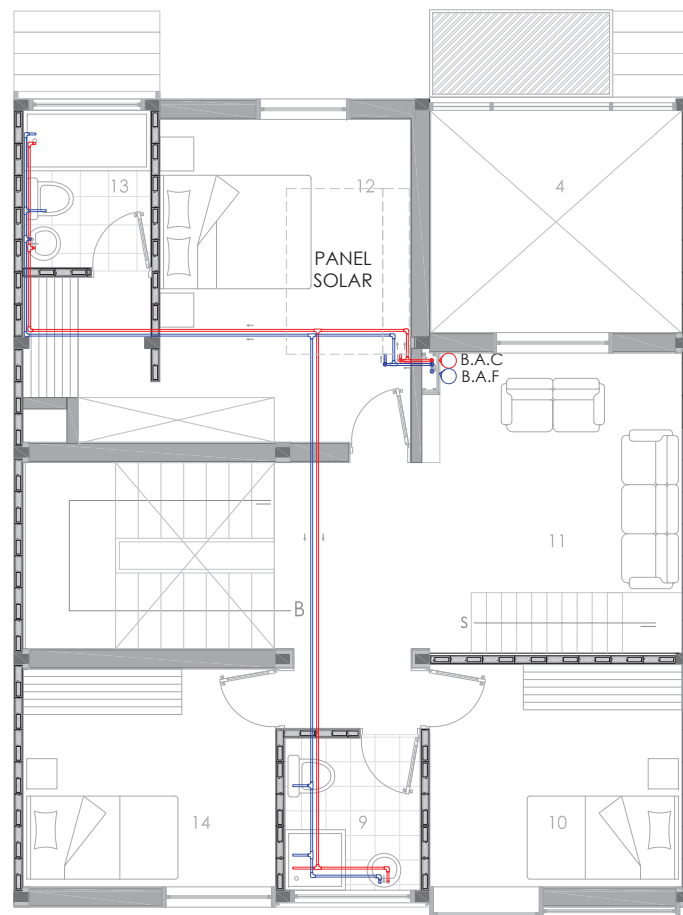


Distribución de Agua Potable en Planta Baja

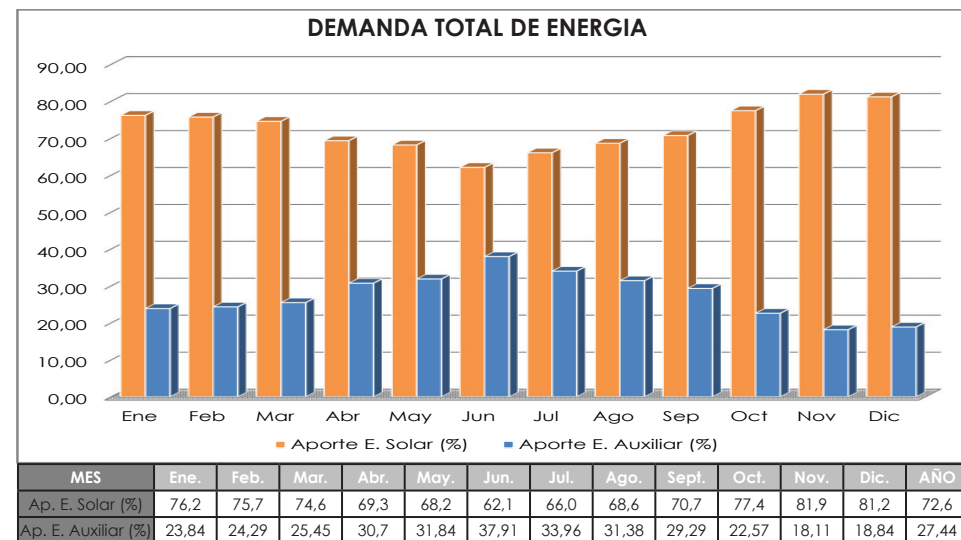


Análisis de Sombras

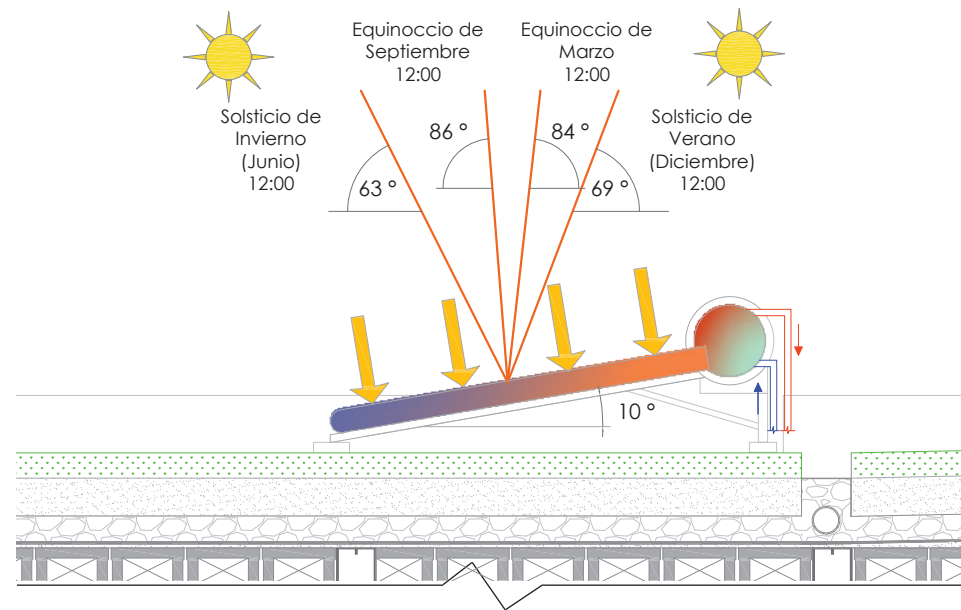
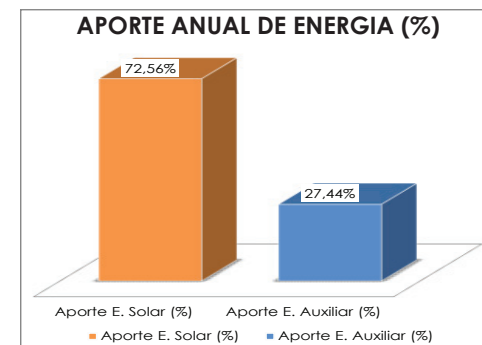
DATOS DE LA DEMANDA	
Número de usuarios	4
Demanda por usuario en un día (lt)	40
(Ts) Temperatura de ACS (°C)	55



Distribución de Agua Potable en Planta Alta



SIMBOLOGIA	
Tubería de agua caliente ø 1/2"	—
Tubería de agua fría ø 1/2"	—
Columna ascendente de agua fría	S.A.F.
Columna descendente de agua fría	B.A.F.
Columna descendente de agua caliente	B.A.C.



Inclinación Adecuada del Panel Solar Térmico

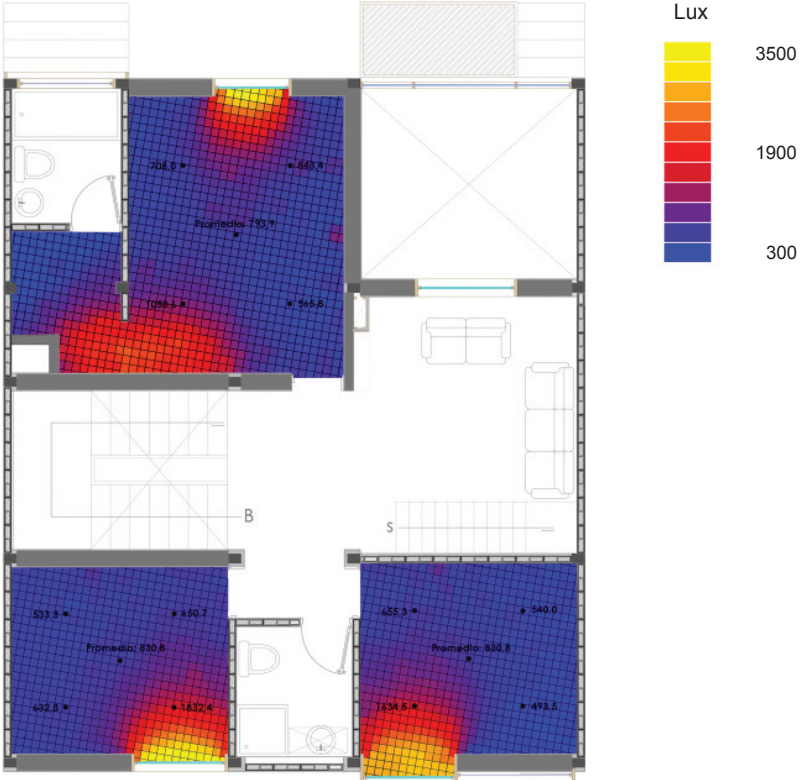
El consumo energético en el sector residencial se da principalmente para usos eléctricos y térmicos, para este último lo más utilizado es el gas licuado de petróleo (GLP), para el calentamiento de agua, cocción de alimentos y calefacción. Es así que la política energética del país para el año 2020 propone la reducción en usos térmicos en un 30%, con la introducción de paneles térmicos solares, para empezar a desplazar el recurso agotable de los combustibles fósiles.

Para determinar el espacio adecuado de colocación de los paneles solares térmicos en la cubierta se ha realizado un análisis de incidencia de radiación solar así como también un análisis de sombras.

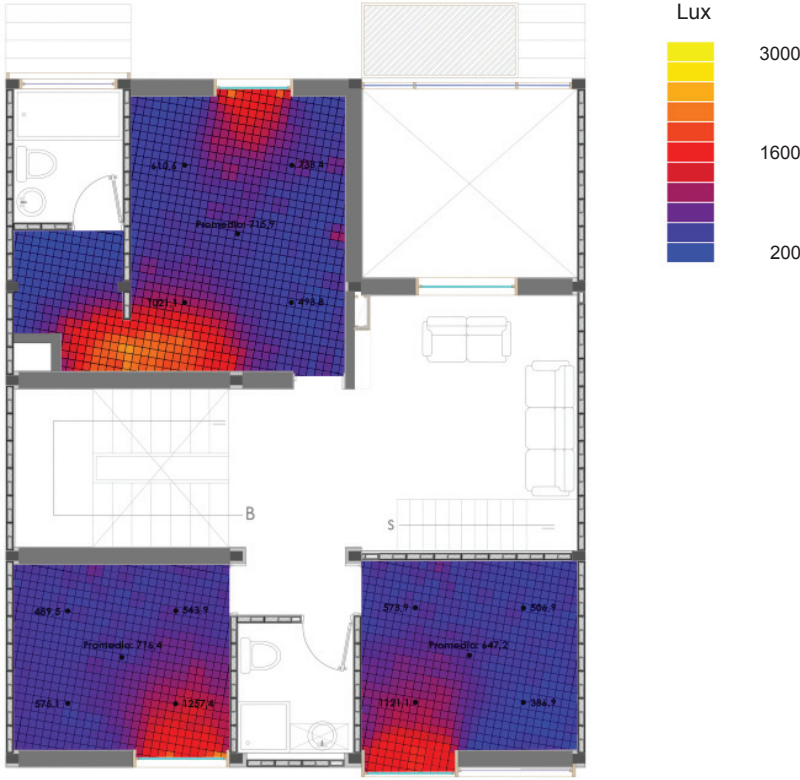
Posteriormente se muestra el análisis del funcionamiento de los paneles solares térmicos para calentamiento de agua sanitaria, permitiendo obtener los valores de cuanto energía será dada por el aporte de energía solar y cuanto por aporte eléctrico auxiliar. Llegándose a determinar que anualmente el 72,56% de la energía necesaria para calentamiento de agua será con aportes de energía solar y el 27,44% con aportes de energía auxiliar.



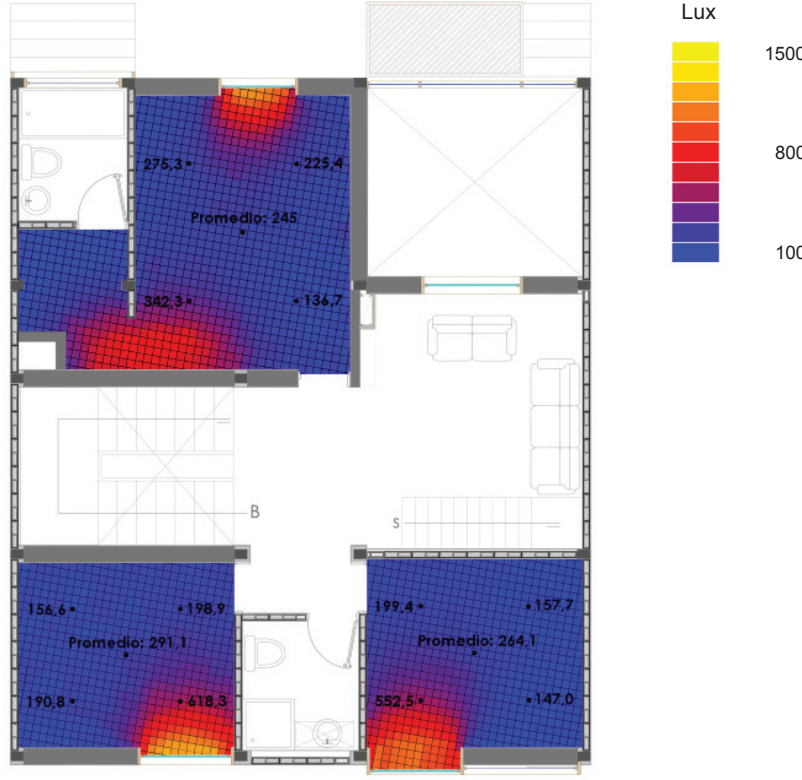
ZONA DE DESCANSO



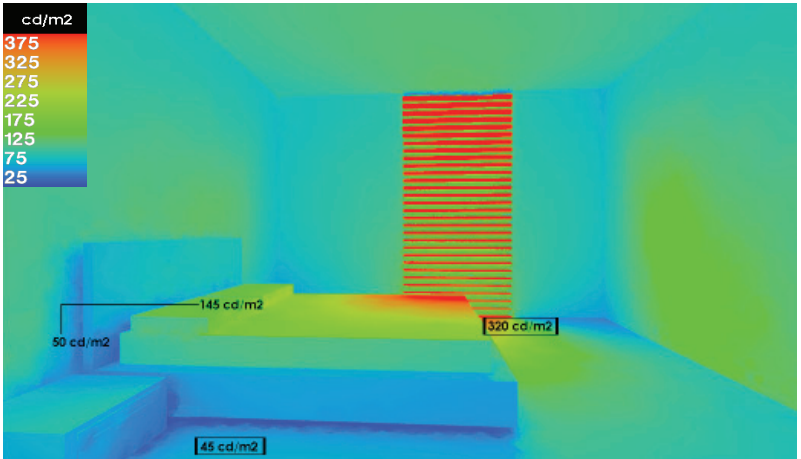
Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



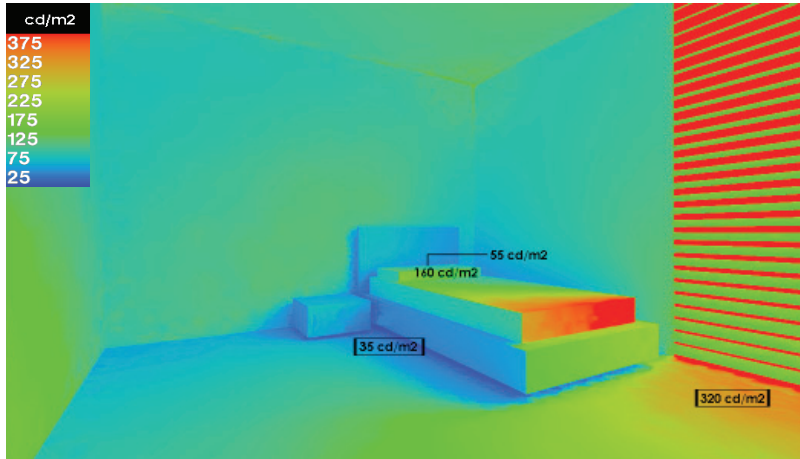
Niveles de Iluminancia Con Persianas (cielo Semicubierto 19000 lux)



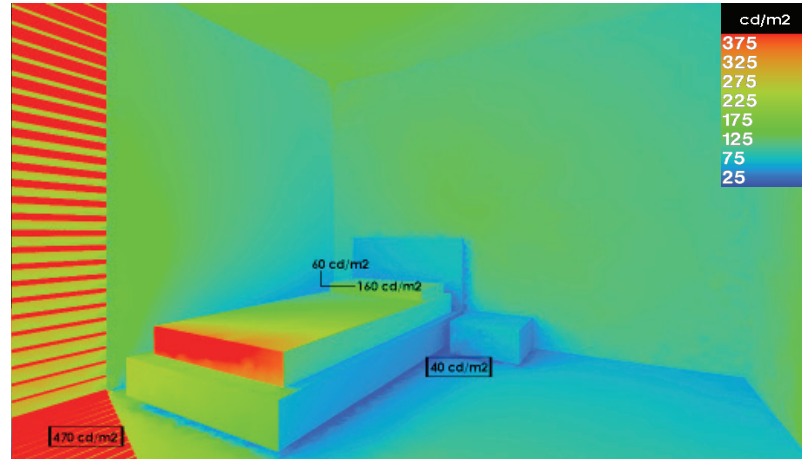
Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo cubierto 5000 lux)



Dormitorio 1: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



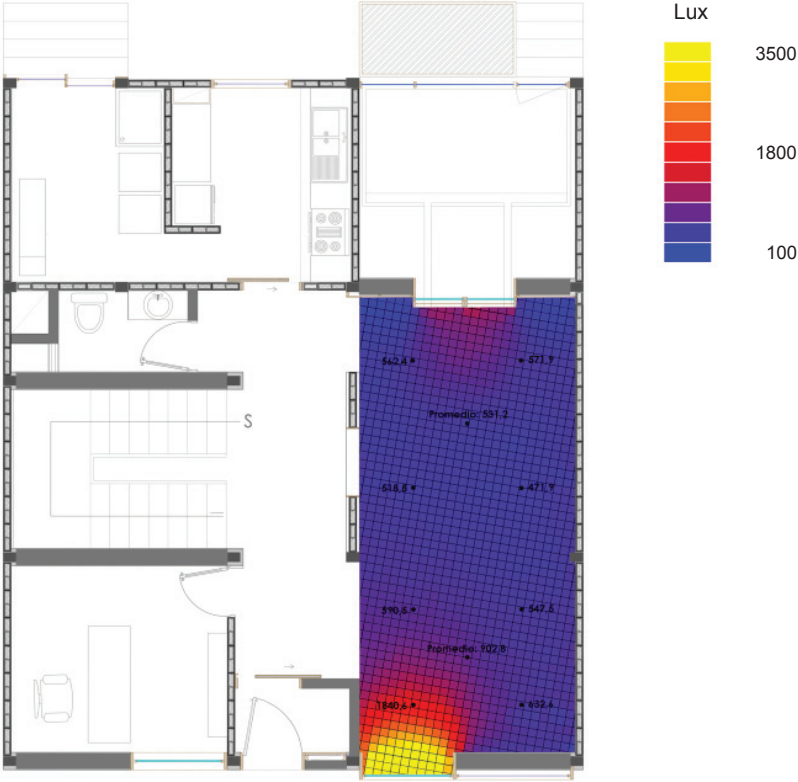
Dormitorio 2: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



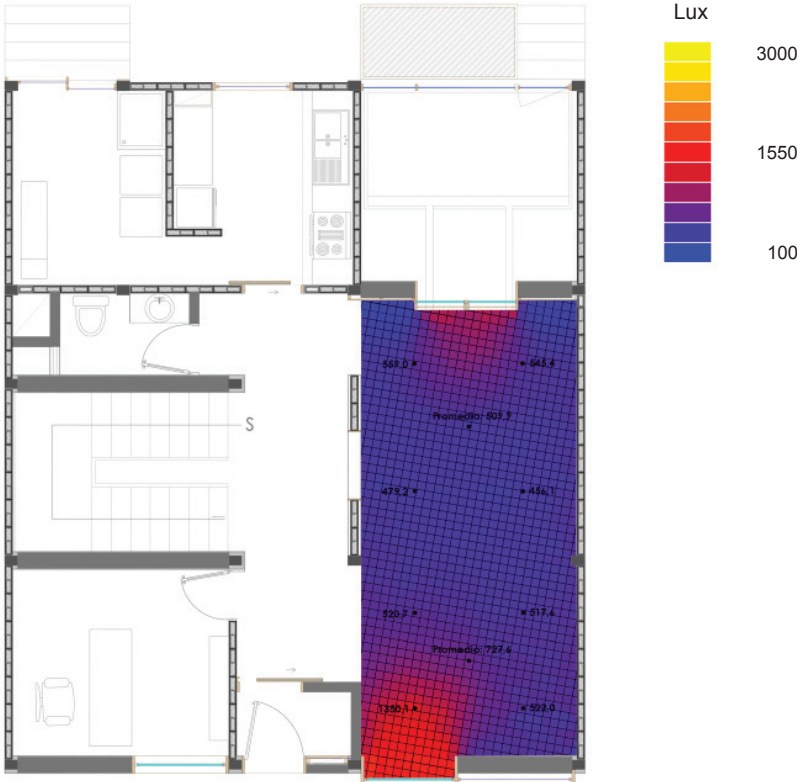
Dormitorio 3: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



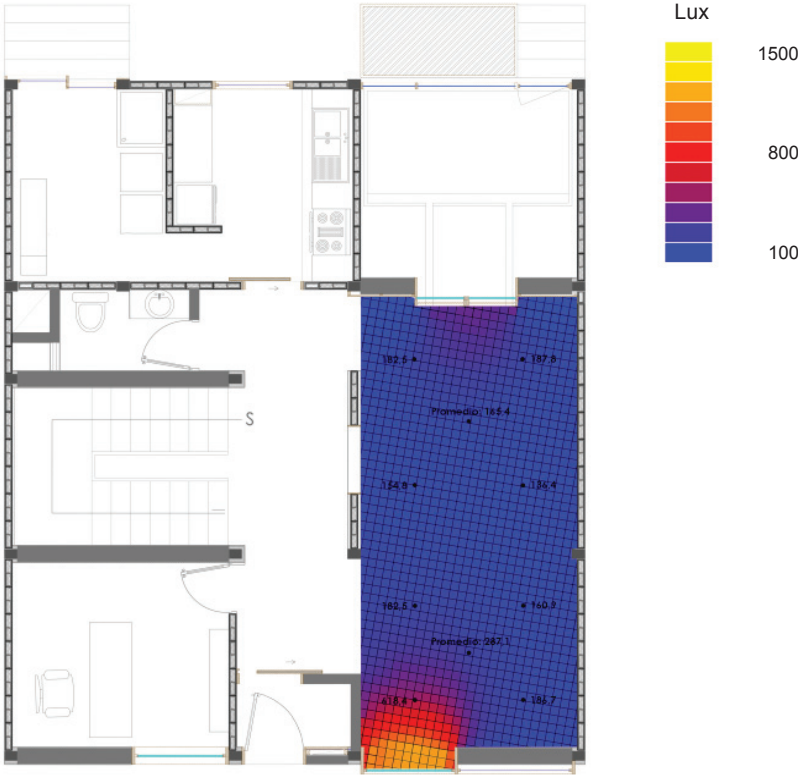
ZONA SOCIAL



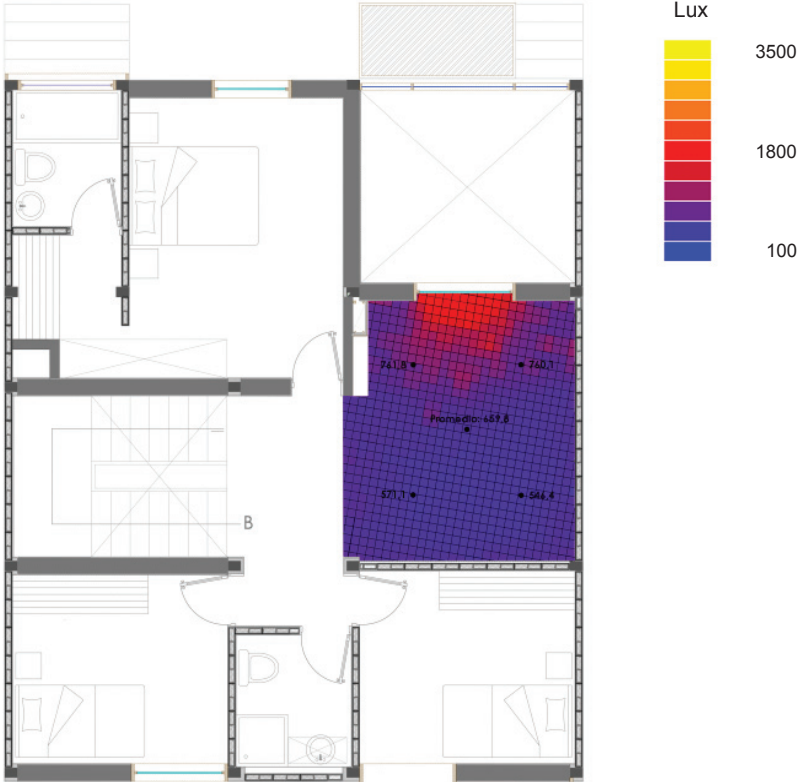
Sala-Comedor: Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



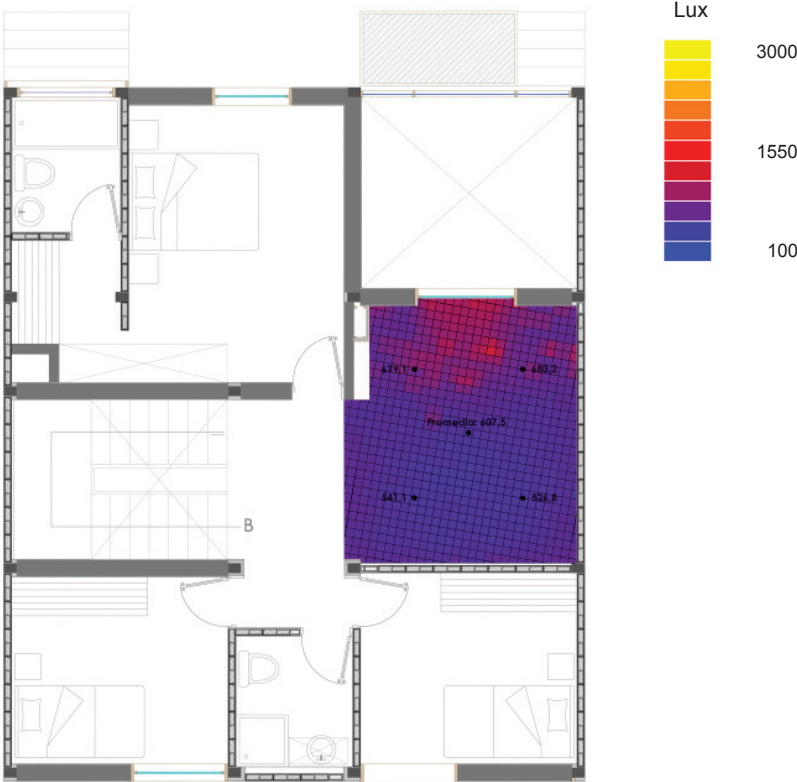
Sala-Comedor: Niveles de Iluminancia Con Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



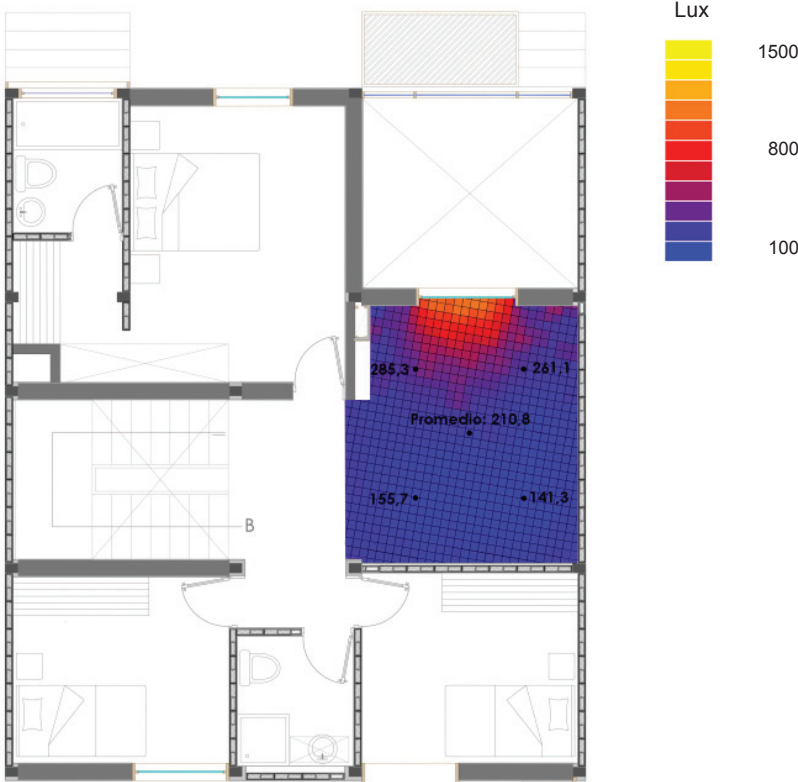
Sala-Comedor: Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo cubierto 5000 lux)



Estar: Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



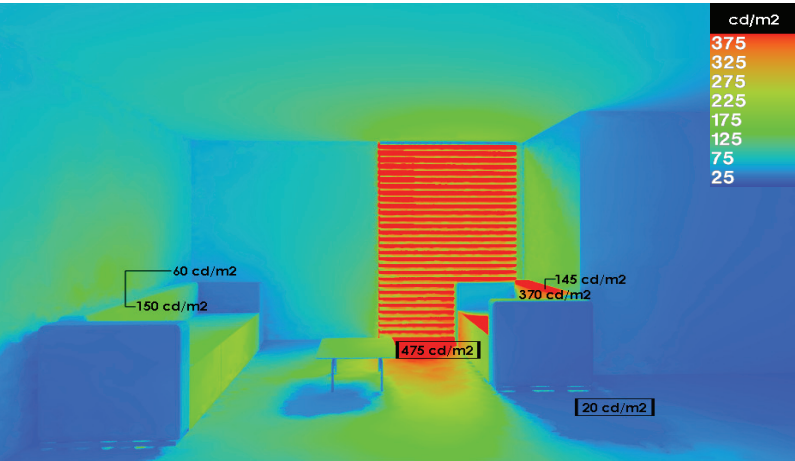
Estar: Niveles de Iluminancia Con Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



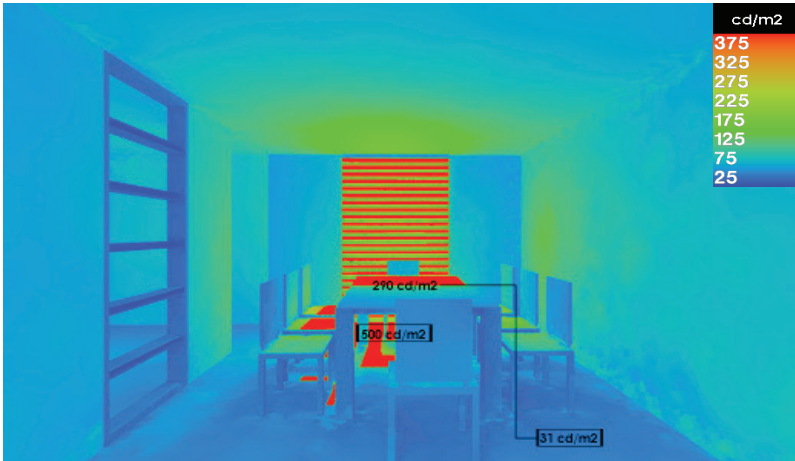
Estar: Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo cubierto 5000 lux)



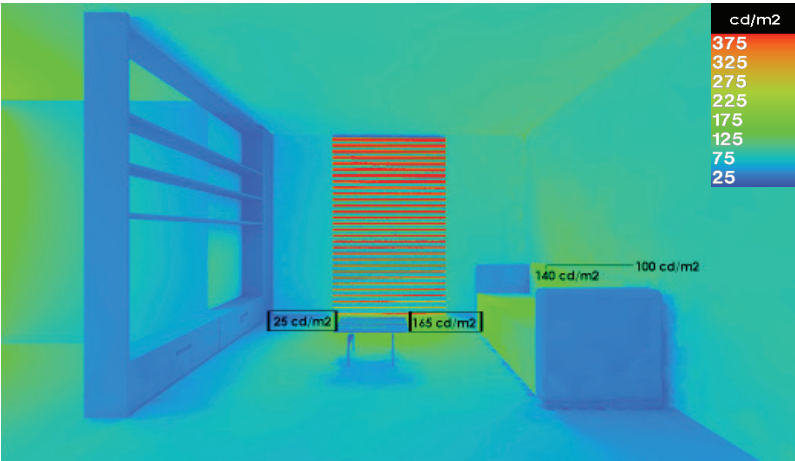
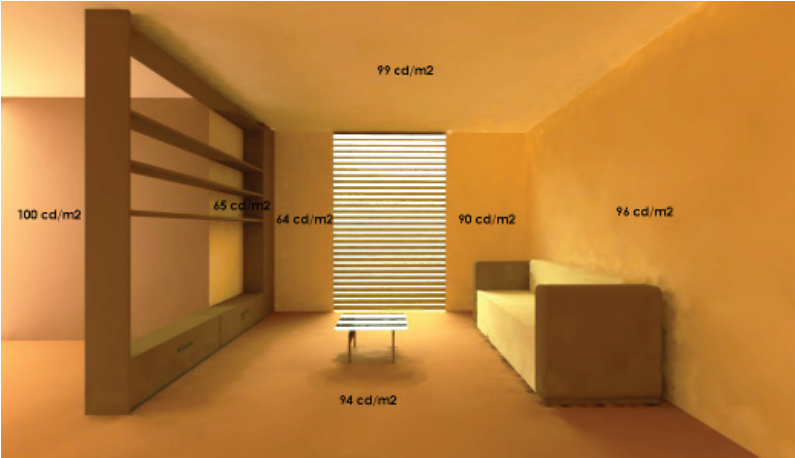
ZONA SOCIAL



Sala: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



Comedor: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



Estar: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).

Un adecuado aprovechamiento de la iluminación natural ha sido considerado importante ya que permite disminuir el consumo de energía de la edificación, igualmente está relacionado con la salud humana así como con la calidad y el confort del ambiente interior. Para ello primero se debe considerar un adecuado acristalamiento que evite problemas de control térmico, deslumbramientos o baja iluminación. En la vivienda se ha utilizado un nivel medio de acristalamiento pues se encuentra entre el 6,6 y 10,1% de las superficies que encierran cada espacio. Con respecto a la forma de los vanos, se ha optado por ventanas verticales, que se extienden de piso a cielo raso, ya que mientras más alta es una ventana mayor es la profundidad de penetración de luz natural.

Por lo tanto contando con una altura de ventana igual a 2,4m, la distancia iluminada sería de 3,6m ( cielo nublado) a 4,8m (cielo despejado), de manera que el acceso de la iluminación en los ambientes es eficiente pues la profundidad que éstos alcanzan varía entre 3 y 4,3m.

Otro de los aspectos que se ha considerado es la reflectancia (relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente) de las superficies internas, lo cual está condicionado por su color y material, ya que su efecto sobre la distribución de la luz natural es crucial, para ello se ha optado colores con reflectancia de 0,75 en la mayoría de las paredes, a excepción de aquellas que por motivo de diseño y control de luminancias se han planteado con una reflectancia de 0,4. Para el cielo raso (color blanco), presenta una reflectancia de 0,9, mientras que el piso con 0,4 en las zonas de descanso, social y en el estudio, en tanto que en la cocina y lavandería es de 0,5.

La iluminancia y su distribución tienen un gran impacto en cómo una persona percibe y realiza la tarea visual de un modo rápido, seguro y confortable, para lo cual con ayuda del software Ecotect, se ha podido plantear los niveles de iluminación recomendables para cada uno de los ambientes. Para la generación de estas gráficas se ha considerado un cielo parcialmente nublado, con una iluminancia de 19000 lux (valor derivado de la latitud), así como también el caso más desfavorable, que es un cielo totalmente cubierto (5000lux). El diseño del tamaño y ubicación de las ventanas está con respecto a este último por lo que para el primer caso se utilizará unas persianas con adecuados ángulos de inclinación que controlen el exceso de luz evitando así los deslumbramientos.

De igual manera se ha tenido en cuenta que debe existir una adecuada distribución de las luminancias como complemento de los niveles de iluminación. La luminancia se refiere a la energía luminosa emitida o reflejada por una superficie en dirección al ojo de un observador y se mide en candelas por m² (cd/m²). Es importante evitar luminancias demasiado altas (mayores a 500 cd/m²), que pueden provocar deslumbramiento; y contrastes de luminancia demasiado altos, que causarán fatiga debido a la readaptación constante de los ojos. De esta manera empleando el software Ecotect se ha podido determinar que en todos los ambientes los niveles de luminancia que presentan los diferentes elementos que componen un espacio como son las paredes, pisos, cielos rasos y el plano de trabajo, para un cielo con una iluminancia de 19000 lux con utilización de persianas semiabiertas regulables, cumplen con los valores recomendables, de la misma manera los análisis para los contrastes se encuentran dentro de los rangos sugeridos según estudios científicos.

ESPACIO	AREA: PAREDES, PISO,TECHO (m²)	AREA VENTANAS (m²)	%
Sala - Comedor	82,18	7,0	8,5
Estar	51,23	3,6	7,0
Estudio	46,98	3,36	7,2
Cocina	41,34	2,75	6,6
Lavandería	35,88	3,65	10,1
Dormitorio Padres	63,55	4,3	6,8
Dormitorio Hijos 1	46,98	3,36	7,2
Dormitorio Hijos 2	46,98	3,36	7,2
Baño Padres	21,35	1,8	8,4
Baño Hijos	23,50	0,36	1,5

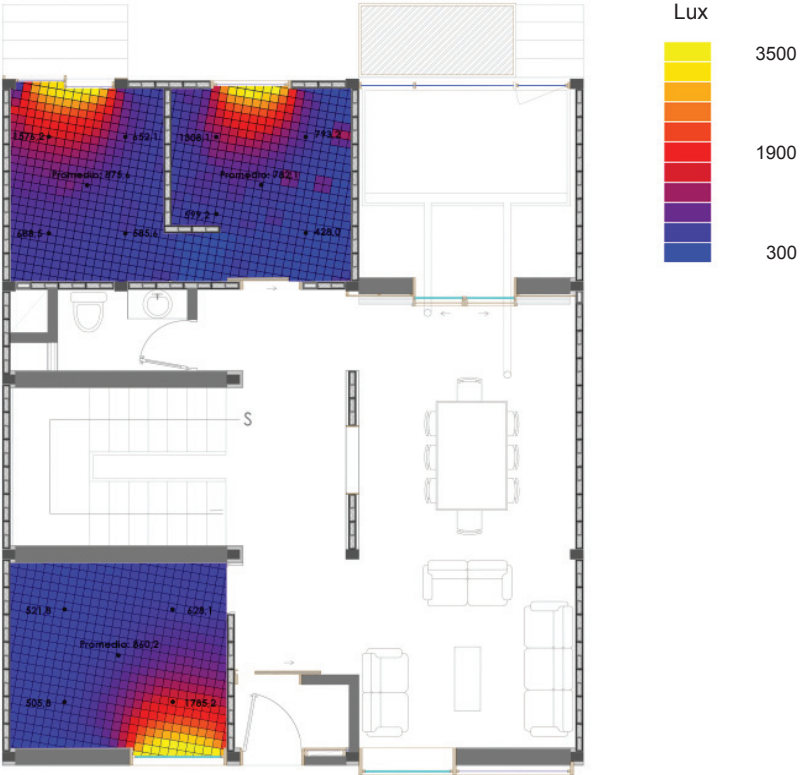
Porcentaje de superficie de ventanas, según ambientes

AMBIENTES VIVIENDA		ILUM. MIN. (LUX)	ILUM. OPT. (LUX)	ILUM. MAX (LUX)	SUPERFICIE	LUMINANCIAS (cd/m²)
Escalera	General	100	100		Techo	100 - 200
Dormitorio	General	70	200	600	Paredes	50 - 150
	Cama y Espejos	200	350		Planos Trabajo	100 - 300
Sala y Estar	General	70	300	600	General	< 500
	Lectura, Costura	300	500			
Estudio	General	70	500	750		
Comedor	General	70	200	400		
Cocina	General	100	300	600		
	Zonas Trabajo		500			
Baño	General	70	100			
	Espejos	200	500			
					SUPERFICIE	CONTRASTE ACEPTABLE
					Tarea y entorno más oscuro	3:1
					Tarea y superficie alejada más oscura	10:1
					Máximo contraste	40:1

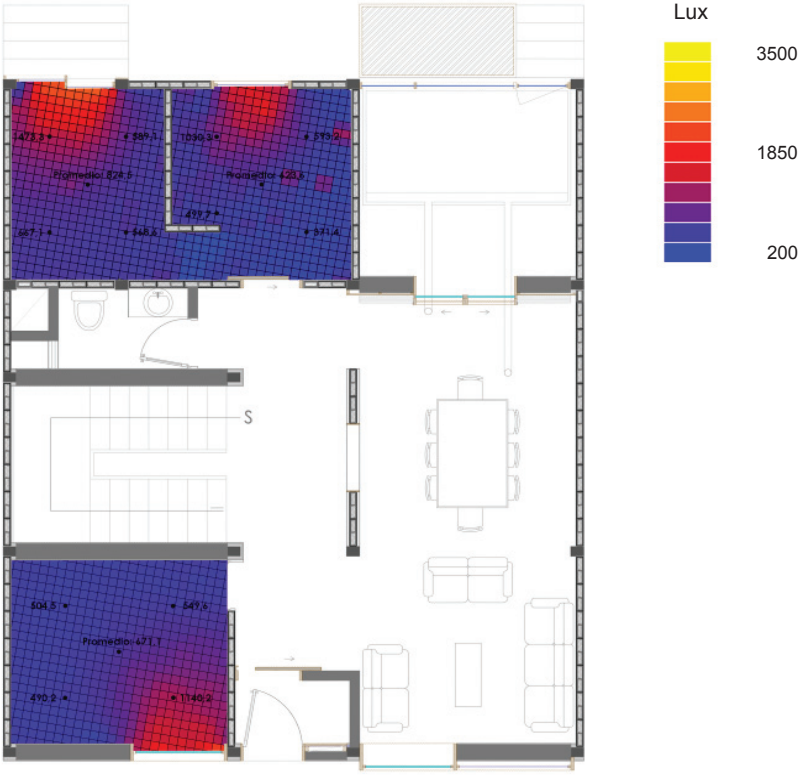
Iluminancias, luminancias y contrastes recomendados



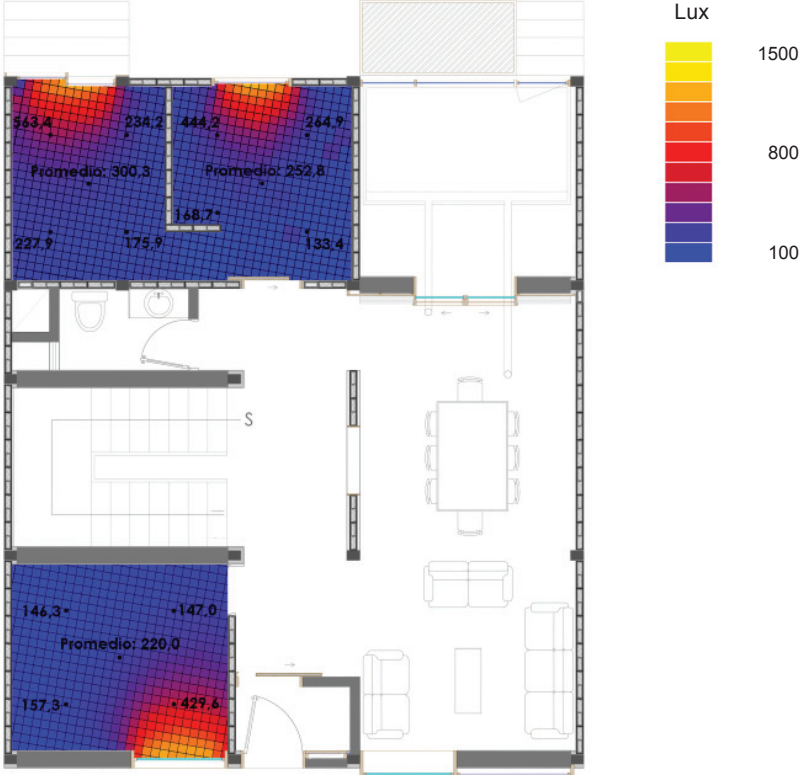
ZONA DE TRABAJO



Cocina, Lavandería y Estudio: Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



Cocina, Lavandería y Estudio: Niveles de Iluminancia Con Persianas (cielo semicubierto 19000 lux)



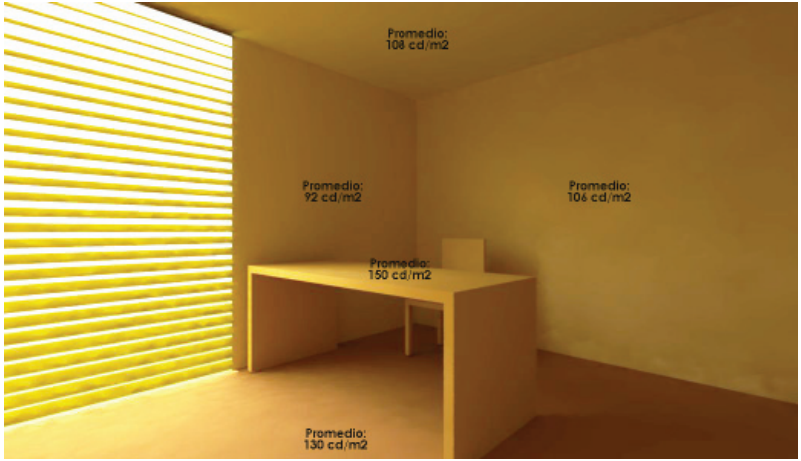
Cocina, Lavandería y Estudio: Niveles de Iluminancia Sin Persianas (cielo cubierto 5000 lux)



Cocina: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



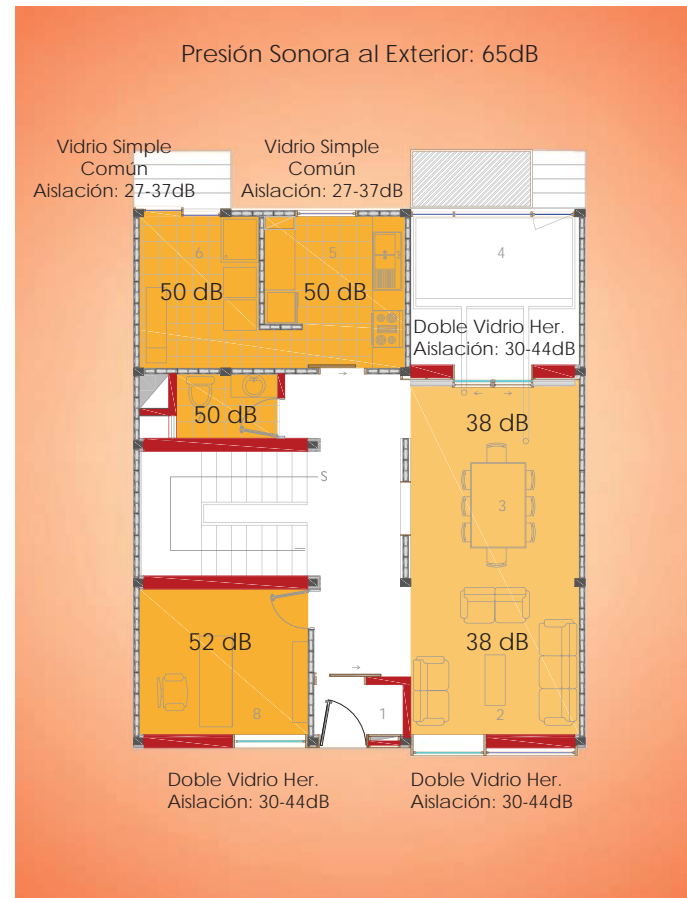
Lavandería: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



Estudio: Niveles de Luminancias y Contrastes por Superficies, Considerando el Uso de Persianas (cielo 19000 lux).



## DISEÑO ACUSTICO



## Control Acústico Planta Baja

R= Índice de Amortiguación  
R= D + 6

D= Valor de aislamiento acústico requerido, el mismo que se obtiene restando el valor promedio del nivel de presión sonora de la zona de emplazamiento y el valor requerido al interior de la edificación.

Dormitorios=30 dB      D= 65 - 30    D=35

$$R = 35 + 6$$

R=41

Otras Estancias=40 dB

$$D = 65 - 40 \quad D = 25$$
$$R = 25 + 6$$

R=31

Zonas Servicio=50 dB

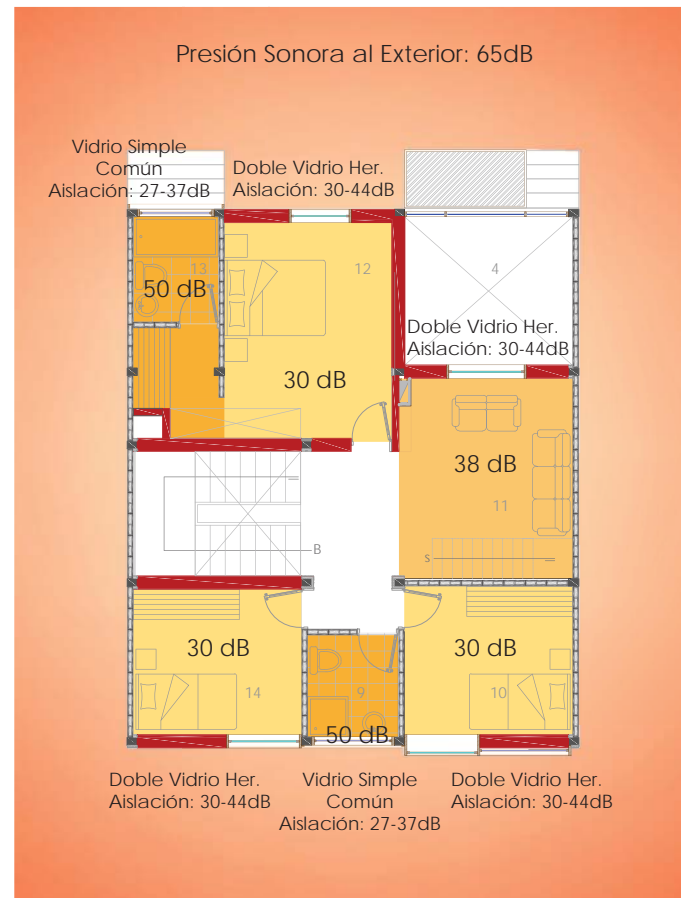
$$D = 65 - 50 \quad D = 15$$
$$R = 15 + 6$$

R=21

La vivienda propuesta, al estar ubicada a 100 m de una vía Expresa (Autopista Cuenca-Azogues) y a 200 m de una vía principal (Av. 24 de Mayo), la zona presenta una presión sonora promedio de 65 dB, de manera que para alcanzar el confort acústico en los diferentes ambientes de la vivienda se requiere disminuir entre 19 y 41 dB para ello por una parte se utilizara masa como el ladrillo macizo con un espesor de 24 cm que puede reducir hasta 48 dB y por otra parte un hormigón poroso prefabricado.

En cuanto a los acristalamientos debido a su menor masa se ha realizado un análisis de los diferentes espacios para determinar el tipo de vidrio que se debería utilizar. Para ello, se ha establecido el índice de amortiguación, la elección del tipo de vidrio según el índice que presenta cada sistema ha permitido establecer que para los ambientes correspondientes a la zona de servicio se utilizará el vidrio con menor rango de aislación siendo este el vidrio común. Con respecto a la zona de descanso y social se utilizará el doble vidrio hermético. Finalmente en relación al invernadero, al ser un espacio de uso eventual y una zona que está compuesta de un porcentaje considerable de vidrio, por seguridad y acústica se plantea la utilización de un vidrio laminado.

Por otra parte la cubierta vegetal con la que cuenta la vivienda, además de ser un aislante térmico también lo es en cuanto a la acústica, ya que la combinación de suelo, plantas y aire atrapado al interior de las capas del sistema de cubierta verde, pueden actuar como una barrera aislante del sonido, debido a que las ondas sonoras son absorbidas, reflejadas o desviadas por dichas capas pudiendo reducir el sonido hasta en 40 dB.



## Control Acústico Planta Alta

RANGO DE AISLACION DE DIFERENTES VIDRIADOS	
Tipo de Vidrio	Rango de Aislación
Vidrio Común	27 dB a 37 dB
Doble Vidriado Hermético	30 dB a 44 dB
Vidrio Laminado	33 dB a 41 dB
D.V.H. Laminado Simple	37 dB a 49 dB

RANGO DE AISLACION DE MUROS	
Material	Rango de Aislación
Ladrillo E=25cm	48 dB

## MATERIALES



### Prefabricados de Horm. Poroso para Losas



### Piso Flotado con Madera Natural

Otro de los materiales empleados es el ladrillo artesanal, ya que este material permite conseguir la masa térmica requerida para la acumulación del calor captado, los cuales provienen del sector ladrillero artesanal que se encuentra dentro del proyecto “Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales EELA”, que es un proyecto Internacional- Regional que se desarrolla en siete países de América Latina. Ecuador se encuentra en la lista siendo la ciudad de Cuenca la beneficiada. El propósito es contribuir a mitigar el Cambio Climático a través de la reducción de las emisiones de gases de Efecto Invernadero mediante el uso de hornos más eficientes, al mismo tiempo que busca mejorar la calidad de vida de los ladrilleros.

En cuanto al recubrimiento del piso, se ha empleado parquet flotante el mismo que es fabricado en su totalidad en base a madera natural. Si bien se ha buscado optar por materiales de origen local, existen algunos productos que no se fabrican en el medio sino que se importan desde el exterior, sin embargo se ha considerado importante que la madera provenga de bosques controlados bajo criterios de explotación sostenibles, y que cuenten con certificaciones de ello.

Por otra parte en las carpinterías, molduras y lamas se ha empleado madera Teka ya que tiene una excelente durabilidad y resistencia a los agentes externos, así mismo se ha considerado que en el Ecuador existen productos de esta especie que cuentan con certificaciones de provenir de bosques con manejo ambiental responsable.

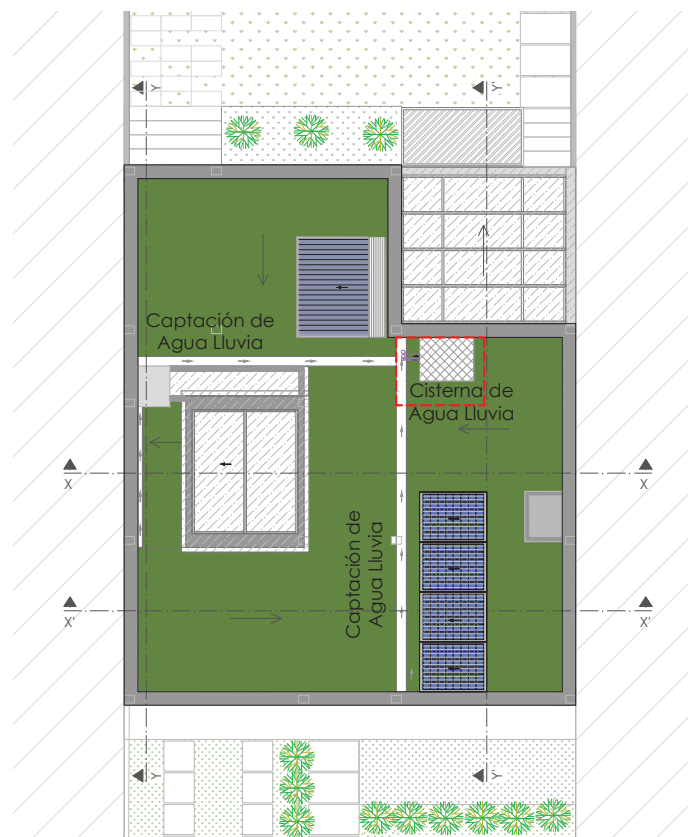


### Prefabricados de Horm. Poroso para Paredes

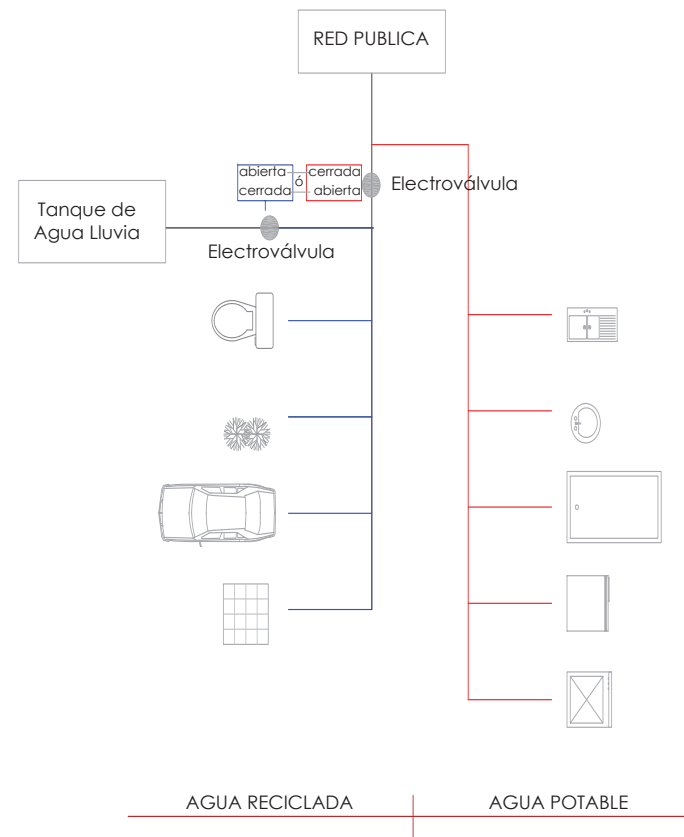
La arquitectura bioclimática busca favorecer el empleo de materiales que sean de bajo impacto medioambiental, naturales, lo más estandarizados posible y de origen cercano, es decir existentes en la región, de manera que se pueda minimizar el uso de energía que los materiales de construcción demandan en su fabricación, transporte hasta la obra y montaje, así como también para potenciar la industria local.

De esta manera, en las paredes, losa de entrepiso y cubierta se ha optado por la utilización de bloques prefabricados de Hormigón Poroso, fabricados en la ciudad de Cuenca que además pueden ser reciclables para obtener nuevos paneles.

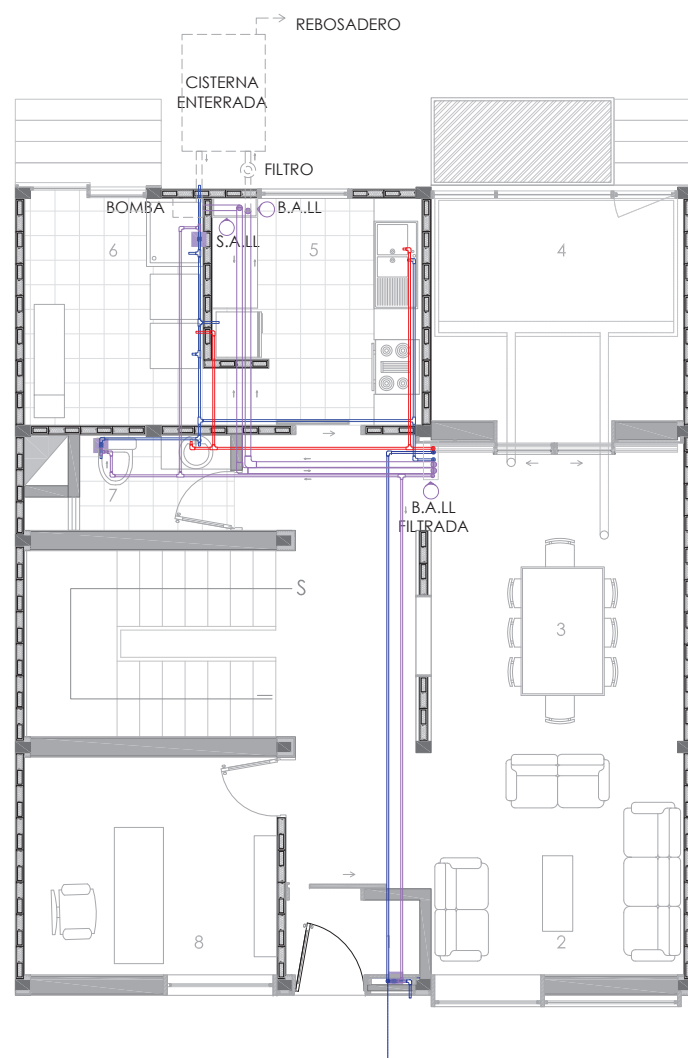
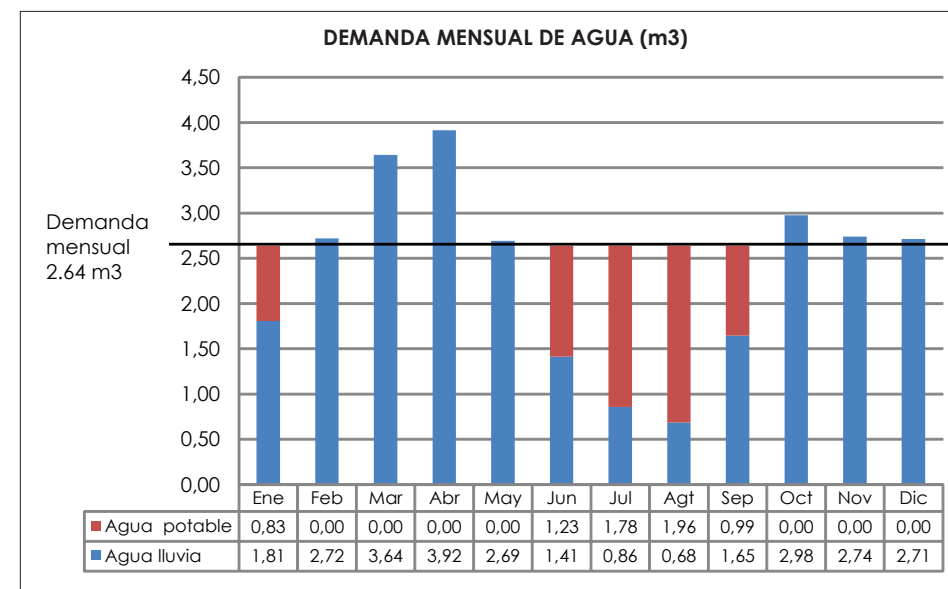
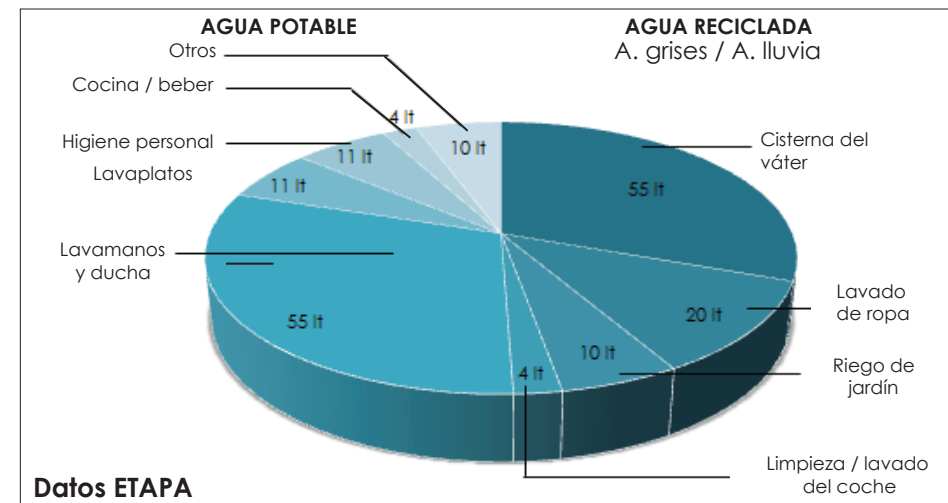
La modulación utilizada para el diseño de la vivienda está de acuerdo al ancho de dichos paneles, con respecto al largo, tienen la ventaja de poder fabricarse con las medidas que se requieran, de forma que los desperdicios que puedan existir en obra serían mínimos.



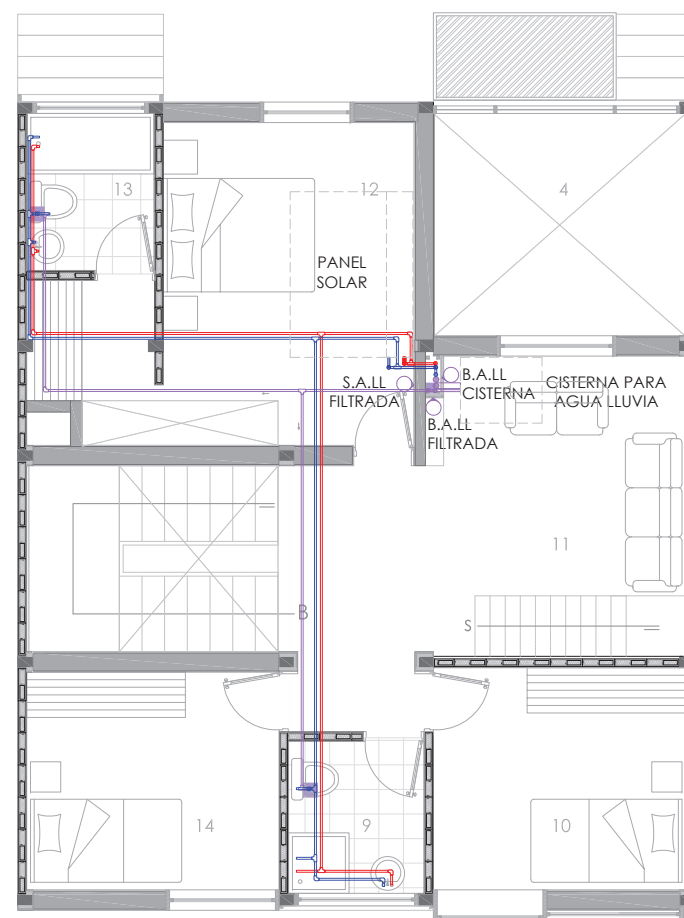
### Ubicación de Cisterna en la Cubierta










## Usos de Agua Potable y Agua Lluvia

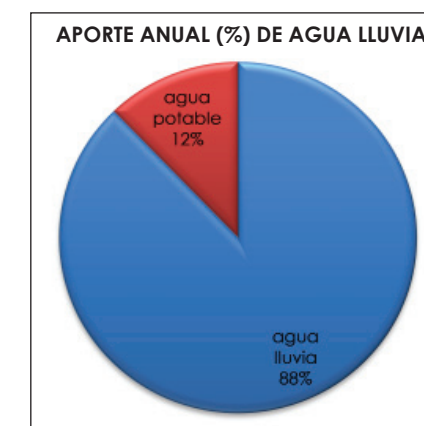


### Distribución de Agua Lluvia en Planta Baja



### Distribución de Agua Lluvia en Planta Alta

SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua lluvia
	Tubería de agua potable
	Electroválvula
	Columna ascendente de agua lluvia
	Columna descendente de agua lluvia
	Columna ascendente de agua potable
	Columna descendente de agua potable
Agua Lluvia:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Captación de agua lluvia, filtración y almac. inicial.</li> <li>2) Almacenamiento en cisterna de la cubierta mediante bomba.</li> <li>3) Repartición en usos que no requieren agua potable (gravedad).</li> </ol>



La ciudad de Cuenca presenta lluvias que anualmente bordea los 940 mm/m<sup>2</sup>, de los cuales aproximadamente la mitad es utilizado por la cubierta vegetal, de manera que la mitad restante puede ser aprovechada para algunos usos domésticos que no requieren de agua potable, tales como limpieza de pisos, lavado de vehículos y llenado de las cisternas de váter de los sanitarios.

Conociendo el área de la cubierta (64 m<sup>2</sup>), se obtiene la cantidad acumulada de agua lluvia en cada mes, en este caso la mínima se encuentra entre 0.68m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> en el mes de agosto y una máxima de 3.92 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> en el mes de abril. La cantidad necesaria de agua para cubrir la demanda de los usos domésticos antes mencionado tomando como referencia el dimensionamiento realizado por ETAPA en las zonas urbanas, es necesario contar con 2,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de agua reciclada en cada mes para las cuatro personas que habitarían en la vivienda, sin embargo en algunos meses por las escasas precipitaciones esto no es posible, contando por ello con la instalación de agua potable como sistema auxiliar. De esta manera en cada año los porcentajes de aporte de agua lluvia podrían llegar a un 88% frente a un 12% de agua potable. Para el funcionamiento de dicho sistema, se requerirá de dos tanques de almacenamiento de agua, el primero se ubicará en el exterior enterrado y el segundo de menor capacidad en la cubierta, el cual será abastecido por el primer tanque a través de una bomba y será repartido a los diferentes espacios por gravedad. De no haber la suficiente cantidad de agua almacenada por acción automática de las electroválvulas se permitirá el paso del agua potable garantizando el constante funcionamiento del sistema.





FACHADA OESTE



FACHADA ESTE

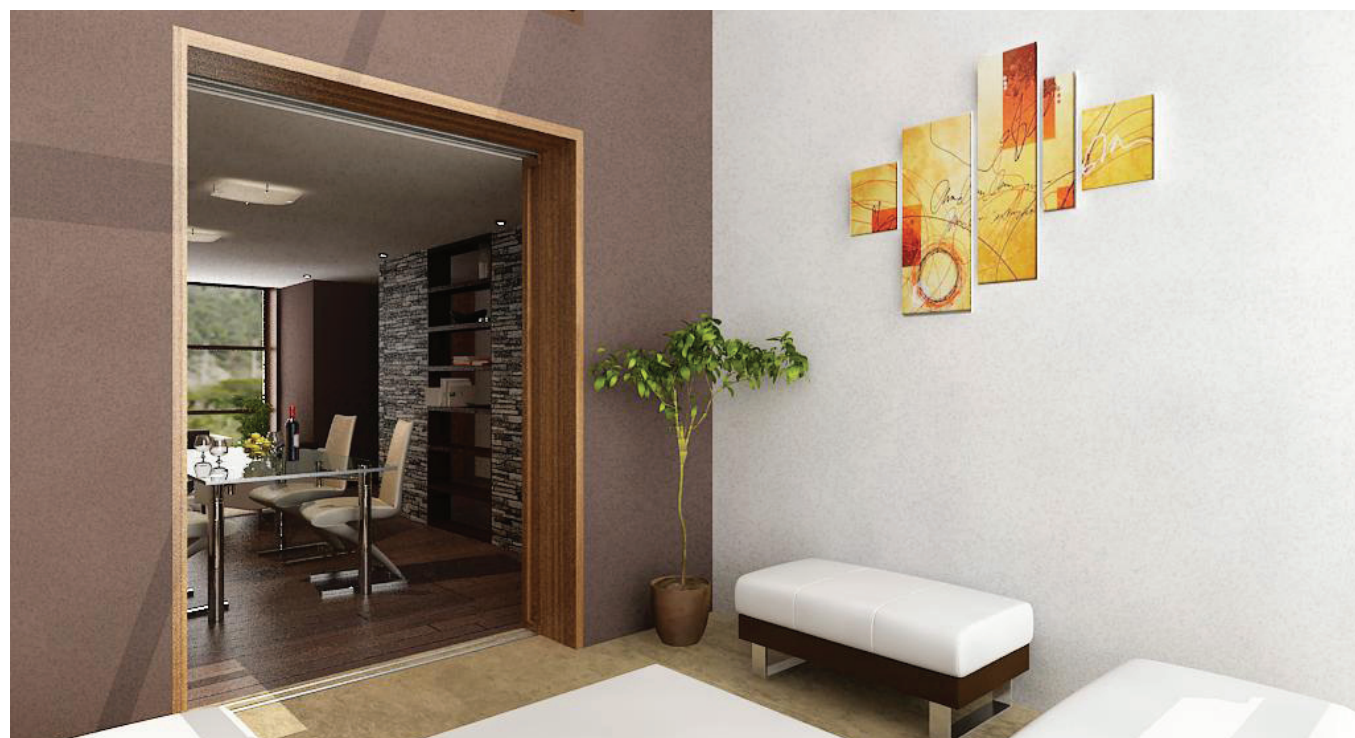




SALA-COMEDOR



ESTAR



INVERNADERO



DORMITORIO 1